



FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍAS

Trabajo de fin de Carrera titulado:

“FABRICACIÓN DE UN PROTOTIPO DE LA VISERA SUPERIOR DEL FARO DE LA MOTOCICLETA “PULSAR BAJAJ NS200” A PARTIR DEL REDISEÑO Y FABRICACIÓN ADITIVA CON MATERIAL ALTERNATIVO P-GLASS/ABS”

Realizado por:

Javier Enriquez

Director del proyecto:

PhD. Diana Peralta

Como requisito para la obtención del título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

QUITO, 18/03/ 2026

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, Jordan Javier Enriquez Imbaquingo, ecuatoriano, con Cédula de ciudadanía N° 1756033666, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional, y se basa en las referencias bibliográficas descritas en este documento.

A través de esta declaración, cedo los derechos de propiedad intelectual a la

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y normativa institucional vigente.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'J. Enriquez Imbaquingo', is written over a horizontal dashed line. The signature is stylized with loops and flourishes.

Jordan Javier Enriquez Imbaquingo

C.I.: 1756033666

DECLARACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los

Trabajos de Titulación.

DIANA BELEN PERALTA ZURITA

PHD

LOS PROFESORES INFORMANTES:

JAIME VINICIO MOLINA OSEJOS

EDILBERTO ANTONIO LLANES CEDEÑO

Después de revisar el trabajo presentado lo han calificado como apto para su defensa
oral ante el tribunal examinador.

Ing. Jaime Vinicio Molina Osejos

PhD. Edilberto Antonio Llanes Cedeño

Quito, 18 de marzo de 2026

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.



Jordan Javier Enriquez Imbaquingo

C.I.: 1756033666

Agradecimientos

La culminación de esta etapa representa no solo un logro académico, sino también el resultado del esfuerzo, la constancia y el apoyo de personas e instituciones que hicieron posible el desarrollo de este proyecto.

A mi tutor y docente PhD. Diana Peralta, gracias por su acompañamiento, orientación técnica y exigencia académica durante todo el proceso. Sus conocimientos y observaciones fueron fundamentales para fortalecer la calidad y el rigor de esta investigación.

A la Universidad Internacional SEK, por el respaldo académico, técnico y financiero brindado para la ejecución de este trabajo. De manera especial, agradezco el apoyo otorgado a través de los Fondos: Universidad Internacional SEK, (FABRICACIÓN INTELIGENTE DE PIEZAS DE AUTOMOCIÓN CON MATERIALES COMPUESTOS Y TECNOLOGÍA DE IMPRESIÓN 3D PARA EL MERCADO ECUATORIANO) DII-P021819, que permitieron la adquisición de filamento técnico especializado para la fabricación del prototipo, así como la capacitación y certificación en el curso de HyperMesh, cuya gestión e importación fueron necesarias para garantizar un análisis estructural adecuado y alineado con estándares técnicos. Este respaldo fue determinante para el desarrollo experimental y computacional del proyecto.

A mis padres, Rocio y Rene por ser mi mayor apoyo y motivación. Gracias por su esfuerzo, sacrificio y confianza incondicional en cada etapa de mi formación. Este logro también les pertenece.

A mis hermanas, por su apoyo constante, su cariño y por acompañarme siempre en los momentos más importantes.

Finalmente, agradezco a todas las personas que contribuyeron directa o indirectamente en este proceso. Cada aporte fue parte esencial para convertir esta investigación en una realidad.

Resumen

La presente investigación analiza el comportamiento mecánico del faro delantero de la motocicleta Pulsar Bajaj NS200 mediante la fabricación de su visera con un material alternativo P-GLASS/ABS empleando tecnología de manufactura aditiva por impresión 3D y validación computacional a través del análisis por elementos finitos (FEA). El estudio se fundamenta en la necesidad de evaluar la viabilidad técnica de materiales compuestos alternativos en aplicaciones automotrices, considerando criterios de resistencia estructural, deformación, impacto y respuesta térmica. El filamento P-GLASS/ABS fue seleccionado por combinar la traslucidez y propiedades estéticas del P-Glass con la tenacidad y durabilidad mecánica del ABS, permitiendo obtener componentes funcionales con acabado superficial adecuado y potencial aplicación en autopartes. La metodología incluyó la caracterización mecánica previa del material mediante ensayos de tracción, flexión, compresión e impacto, complementados con el modelado tridimensional del faro en entorno CAD (Autodesk Inventor) y la simulación estructural en Altair SimLab, donde se evaluaron parámetros como esfuerzo equivalente de Von Mises, deformación total y distribución de tensiones bajo condiciones de impacto a 50 y 80 km/h. Los resultados obtenidos fueron comparados con el material convencional PC/ABS, evidenciando que el P-GLASS/ABS presenta un comportamiento estructural competitivo, con adecuada resistencia ante cargas dinámicas y capacidad de absorción de energía dentro de rangos aceptables para componentes no estructurales críticos. Se concluye que la fabricación del faro mediante impresión 3D con material alternativo es técnicamente viable, siempre que se consideren criterios de validación experimental y simulación previa para garantizar desempeño mecánico y seguridad funcional en aplicaciones automotrices.

Abstract

This research analyzes the mechanical behavior of the Bajaj Pulsar NS200 motorcycle headlight by manufacturing its visor with an alternative P-GLASS/ABS material using 3D printing additive manufacturing technology and computational validation through finite element analysis (FEA). The study is based on the need to evaluate the technical feasibility of alternative composite materials in automotive applications, considering criteria such as structural strength, deformation, impact, and thermal response. The P-GLASS/ABS filament was selected for combining the translucency and aesthetic properties of P-Glass with the toughness and mechanical durability of ABS, allowing for the production of functional components with a suitable surface finish and potential application in automotive parts. The methodology included the preliminary mechanical characterization of the material through tensile, flexural, compressive, and impact tests, complemented by three-dimensional modeling of the headlight in a CAD environment (Autodesk Inventor) and structural simulation in Altair SimLab. Parameters such as Von Mises equivalent stress, total deformation, and stress distribution were evaluated under impact conditions at 50 and 80 km/h. The results obtained were compared with the conventional PC/ABS material, demonstrating that P-GLASS/ABS exhibits competitive structural behavior, with adequate resistance to dynamic loads and energy absorption capacity within acceptable ranges for critical non-structural components. It is concluded that manufacturing the headlight using 3D printing with an alternative material is technically feasible, provided that experimental validation criteria and prior simulation are considered to guarantee mechanical performance and functional safety in automotive applications.

Palabras clave: Impresión 3D, manufactura aditiva, análisis de elementos finitos, P-GLASS/ABS, simulación de impacto, caracterización mecánica, autopartes.

Keywords: 3D printing, additive manufacturing, finite element analysis, P-GLASS/ABS material, impact simulation, mechanical characterization, automotive components.

CONTENIDO

DECLARACIÓN JURAMENTADA.....	2
DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE	5
Agradecimientos	6
Resumen.....	7
Abstract	8
Lista de tablas	16
Tabla de figuras.....	17
Lista de ecuaciones	21
Lista de anexos.....	21
Introducción	22
Antecedentes	23
Planteamiento del Problema	26
Justificación	27
Objetivos	29
Objetivo General	29
Objetivos Específicos.....	29
Objetivos ODS que persigue el proyecto.....	30
Hipótesis	31

Estado del arte.....	32
Plásticos utilizados en vehículos.....	33
Ventajas de utilizar plástico en los vehículos	34
Polipropileno (PP).....	35
Poliamida (PA).....	37
Policarbonato (PC).....	39
Acrilonitrilo butadieno estireno (ABS).....	40
Composición del P-GLASS	42
Policarbonato (PC).....	42
PETG.....	44
Material Compuesto.....	45
Material compuesto en la impresión 3D	46
Efecto del contenido de fibra corta	47
Pos procesamiento 3D.....	52
Nubes de puntos	53
Tipos de posprocesamientos 3D	54
Modelado de cajas.....	54
Modelado de Polígonos.....	55
Modelado de curva.....	56
Modelado (NURBS)	57
Modelo Johnson-Cook para el comportamiento de materiales plásticos.....	58
Ingeniería inversa.....	59
Aplicaciones de la Ingeniería Inversa en el Sector Automotriz.....	59

Beneficios de la ingeniería inversa	61
Funcionamiento del escáner 3D	61
Secuencia del proceso de digitalización:	61
Escáner 3D más utilizados en la manufactura	62
Escáner de luz estructurada.....	62
Escáner láser 3D	63
Escáner con rastreador óptico	64
Software de reconstrucción y modelado	64
Geomagic Reformé	65
Manufactura Aditiva	66
Impresión 3D en la Industria Automotriz	66
Impresora 3D	69
Tecnología FDM.....	70
Etapas en la impresión 3D por FDM	71
Métodos de extrusión.....	71
Bowden extrusión:	71
Accionamiento directo	72
Modelado por deposito fundido (FDM).....	73
Análisis de patrones de relleno	74
Análisis de elementos finitos (FEA)	76
FEA en la industria Automotriz	77
Análisis estático	77
Análisis Dinámico.....	78

Análisis Modal	78
Mallado en (FEA)	81
Tipos de mallados	81
¿Para qué tipo de geometría se utiliza cada tipo de mallado?.....	84
Metodología	86
Enfoque de la investigación	86
Diagrama de procesos	88
Obtención de las piezas mediante ingeniería inversa	89
Adquisición de la geometría en 3D.....	89
Pieza a fabricar con material alternativo ABS	90
Pieza a fabricar con material alternativo P-GLASS.	91
Escaner Utilizado	92
Características Específicas del Scanner	92
Proceso para realizar escaneo de piezas.....	94
Pintado de visera transparente	94
Escaneo de piezas	95
Obtención nube de puntos.....	96
Digitalización de la pieza.....	97
Corrección de mallado	98
Limpieza de malla.....	100
Mallado de visera	101
Mallado interno visera	102
Refinamiento mallado de visera.....	102

Colocación del material P-GLASS en la visera	104
Mallado superficial “carcaza”	106
Mallado interno “carcaza”	107
Transformación pieza a solida	108
Adición del material ABS en la carcaza	109
Ensamble de las dos piezas	111
Coordenadas para unión de las piezas	112
Rediseño de la pieza.....	113
Zona de unión entre componentes	114
Procedimientos para la realización del análisis estático	115
Selección del material y definición de sus parámetros mecánicos	116
Creación de restricciones	117
¿Por qué se coloca las restricciones en los lugares estabalecidos?	118
Simulación de impacto.....	119
Diseño de la puerta para simulación de impacto	120
Configuración de condiciones de carga de impacto con material original PC	120
Crear nodos para impacto	122
Impacto de carcaza con ABS contra la puerta del vehículo.....	123
Pasos a seguir para colocar los valores del material	124
Impacto de la visera con P-GLASS contra la puerta del vehículo.....	125
Velocidad de impacto	126
Ejecución del proceso de simulación.....	128
Laminador de impresora 3D	129

Importación de elemento a imprimir.....	129
Generación de soportes	130
Parámetros de impresión 3D de la visera.....	131
Tipos de rellenos a simular	132
Relleno cubico	133
Relleno con Subdivisión Cubica.....	134
Relleno Cubico Bitruncado.....	135
Relleno tipo Octeto	135
Relleno Tipo Giroide	136
Adecuación de filamentos en impresora	137
Fabricación del elemento 3D	138
Prueba de transmitancia	139
Medición de transmitancia en motocicleta	141
Medición realizada con visera original	141
Medición en pieza impresa en 3D alterna.....	142
Resultados	144
Validación de la pieza original con la pieza escaneada	144
Piezas escaneadas.....	144
Integración de componentes y obtención del modelo final	146
Simulación de impacto frontal de la visera con PC/ABS	147
Simulación de impacto en la visera con material PC/ABS a 80km/h.....	149
Simulación de impacto frontal PGLASS/ABS	150
Simulaciones de impacto frontal PGLASS/ABS a 80km/h.....	152

Parametrización de la pieza	153
Selección del tipo de relleno para impresión 3D	154
Resultados de los ensayos de tracción según el tipo de relleno	154
Relleno cubico bitruncado	155
Impresión de la pieza con el material PGLASS/ ABS.....	156
Comparativa de medidas	157
Medición de transmitancia.....	159
Discusión de Resultados	160
Conclusiones	160
Recomendaciones	161
Bibliografía	163
Anexos	175
.....	176

Lista de tablas

Tabla 1 <i>Tipos de Plásticos</i>	35
Tabla 2 <i>Propiedades mecánicas del Polipropileno</i>	36
Tabla 3 <i>Características Técnicas Poliamida (PA)</i>	37
Tabla 4 <i>Características Técnicas del Policarbonato (PC)</i>	39
Tabla 5 <i>Propiedades Cuantitativas del ABS</i>	42
Tabla 6 <i>Propiedades mecánicas del (PC)</i>	44
Tabla 7 <i>Propiedades mecánicas PETG</i>	45
Tabla 8 <i>Parámetros de comportamiento material</i>	49
Tabla 9 <i>Características de fibras continuas para CFRPC impresos en 3D</i>	51
Tabla 10 <i>Propiedades Técnicas del Scanner</i>	93
Tabla 11 <i>Estadísticas cuantitativas de la malla de elementos finitos generada</i>	104
Tabla 12 <i>Propiedades mecánicas P-Glass</i>	106
Tabla 13 <i>Propiedades del material ABS</i>	110
Tabla 14 <i>Propiedades mecánicas para la simulación de impacto</i>	121
Tabla 15 <i>Propiedades mecánicas para la simulación, material ABS</i>	124
Tabla 16 <i>Propiedades del P-GLASS para la simulación de impacto</i>	125
Tabla 17 <i>Condiciones de los parámetros de materiales para el proceso de la realización de la visera</i>	132
Tabla 18 <i>Especificaciones Luxómetro HP-881A</i>	140
Tabla 19 <i>Resultados mecánicos de los diferentes tipos de relleno</i>	154
Tabla 20 <i>Comparación del tiempo de fabricación y uso de filamento en distintos tipos de relleno</i>	155

Tabla de figuras

Figure 1 <i>Faro motocicleta pulsar NS200</i>	24
Figure 2 <i>Carcaza original del faro</i>	25
Figure 3 <i>Visera original</i>	25
Figure 4 <i>Habitáculo fabricado de plástico</i>	34
Figure 5 <i>Polipropileno (PP)</i>	36
Figure 6 <i>Poliamida (PA)</i>	38
Figure 7 <i>Estructura del ABS</i>	41
Figure 8 <i>Policarbonato (PC)</i>	43
Figure 9 <i>Fibra corta</i>	47
Figure 10 <i>Fibra Larga</i>	50
Figure 11 <i>Posprocesamiento 3D</i>	52
Figure 12 <i>Nube de puntos</i>	53
Figure 13 <i>Modelado de Caja</i>	55
Figure 14 <i>Modelado de Poligonos</i>	56
Figure 15 <i>Modelado de curvas 3D</i>	57
Figure 16 <i>Modelado NURBS</i>	58
Figure 17 <i>Ingeniería Inversa</i>	60
Figure 18 <i>Escáner 3D de luz estructurada</i>	62
Figure 19 <i>Escáner láser 3D</i>	63
Figure 20 <i>Escáner con rastreador óptico</i>	64
Figure 21 <i>Escaneo de piezas y pos procesado en Geomagic Desing</i>	65
Figure 22 <i>Manufactura aditiva</i>	66

Figure 23	<i>Primera impresora 3D.....</i>	68
Figure 24	<i>Impresora 3D.....</i>	69
Figure 25	<i>Impresión capa por capa.....</i>	70
Figure 26	<i>Bowden Extrusion.....</i>	72
Figure 27	<i>Extrusión directa</i>	73
Figure 28	<i>Deposito fundido.....</i>	74
Figure 29	<i>Patrones de relleno internos para las muestras semirrígidas.....</i>	76
Figure 30	<i>Análisis Estático</i>	77
Figure 31	<i>Analizador de Análisis dinámico.....</i>	78
Figure 32	<i>Análisis Modal.....</i>	79
Figure 33	<i>Elemento sólido parabólico.....</i>	80
Figure 34	<i>Elemento Sólido lineal.....</i>	80
Figure 35	<i>Mallado estructural</i>	82
Figure 36	<i>Malla no estructurada</i>	83
Figure 37	<i>Malla híbrida.....</i>	84
Figure 38	<i>Vista frontal de la visera completa.....</i>	89
Figure 39	<i>Vista posterior de la visera.....</i>	90
Figure 40	<i>Carcaza superior a fabricar con material ABS.....</i>	90
Figure 41	<i>Visera frontal a fabricar con material P-GLASS.</i>	91
Figure 42	<i>CR- Scan Raptor</i>	92
Figure 43	<i>Configuración Software Creality Scan.....</i>	94
Figure 44	<i>Insertar targets</i>	95
Figure 45	<i>Escaneo de visera</i>	96

Figure 46	<i>Nube de puntos en Crealitty Scan.....</i>	97
Figure 47	<i>Digitalización en Geomagic Desing.....</i>	98
Figure 48	<i>Error en mallado de visera.....</i>	99
Figure 49	<i>Ajustes del mallado.....</i>	100
Figure 50	<i>Mallado superficial tetraedro de la visera</i>	101
Figure 51	<i>Mallado interno visera</i>	102
Figure 52	<i>Refinamiento de la visera</i>	103
Figure 53	<i>Crear material en visera.....</i>	105
Figure 54	<i>Mallado Carcaza</i>	107
Figure 55	<i>Mallado Interno.....</i>	108
Figure 56	<i>Conversión a sólido "carcaza"</i>	109
Figure 57	<i>Agregar material ABS</i>	110
Figure 58	<i>Importación de piezas CAD.....</i>	111
Figure 59	<i>Ensamble de las piezas</i>	112
Figure 60	<i>Unión de piezas</i>	114
Figure 61	<i>Zona de union</i>	115
Figure 62	<i>Selección de propiedades</i>	116
Figure 63	<i>Restricciones en la pieza</i>	117
Figure 64	<i>Identificación de sujeciones.....</i>	118
Figure 65	<i>Sujeción de la pieza a fabricar</i>	119
Figure 66	<i>Puerta CAD</i>	120
Figure 67	<i>Colocación de valores de PC</i>	122
Figure 68	<i>Creación de nodos.....</i>	123

Figure 69 <i>Colocación de material ABS.....</i>	125
Figure 70 <i>Colocación de valores del material P-GLASS en Simlab.....</i>	126
Figure 71 <i>Selección de velocidad.....</i>	128
Figure 72 <i>Ejecución de la simulación.....</i>	129
Figure 73 <i>Importación de la pieza</i>	130
Figure 74 <i>Generación de soportes</i>	131
Figure 75 <i>Relleno Cubico</i>	133
Figure 76 <i>Subdivisión Cubica</i>	134
Figure 77 <i>Cubico Bitruncado.....</i>	135
Figure 78 <i>Relleno Octeto</i>	136
Figure 79 <i>Relleno Giroide.....</i>	137
Figure 80 <i>Instalación de filamentos.....</i>	138
Figure 81 <i>Impresión de la pieza.....</i>	139
Figure 82 <i>Luxómetro Digital.....</i>	140
Figure 83 <i>Medición en faro principal</i>	141
Figure 84 <i>Medición en visera original.....</i>	142
Figure 85 <i>Medición en pieza alterna.....</i>	142
Figure 86 <i>Visera de vidrio</i>	145
Figure 87 <i>Carcasa de la pieza</i>	145
Figure 88 <i>Pieza original y rediseño</i>	147
Figure 89 <i>Impacto frontal PC/ABS</i>	148
Figure 90 <i>Impacto a 50km/h</i>	149
Figure 91 <i>Simulación de impacto a 80km/h PC/ABS.....</i>	150

Figure 92 <i>Impacto frontal PGLASS/ABS 50Km/h</i>	151
Figure 93 <i>Código de colores PGLASS/ABS</i>	152
Figure 94 <i>Impacto PGLASS/ABS a 80km/h</i>	153
Figure 95 <i>Parametrización de la pieza</i>	153
Figure 96 <i>Relleno cubico bitruncado seleccionado</i>	156
Figure 97 <i>Pieza impresa</i>	157
Figure 98 <i>Mediciones de las piezas</i>	158
Figure 99 <i>Medición de longitud posterior</i>	158
Figure 100 <i>Prueba de transmitancia</i>	159

Lista de ecuaciones

Ecuación 1 <i>Ley de Johnson-Cook</i>	59
Ecuación 2 <i>Transformación de km/h a mm/s</i>	127

Lista de anexos

Anexo 1 <i>Cotas de la visera</i>	175
Anexo 2 <i>Cotas carcasa en mm</i>	176

Introducción

En el transcurso de los últimos años, la industria automotriz ha vivido una transformación notable debido a la aparición de nuevas tecnologías innovadoras, entre ellas la impresión 3D. Esta tecnología realizó un cambio radical conllevando a la fabricación en diseños de componentes, realizando creaciones de diseños complejos con uso de materiales alternativos, lo cual permite soluciones más rentables y sostenibles. Según reportes 3Dnatives el estado de la impresión 3D en los últimos años no ha parado de crecer con una tasa de crecimiento del 13% y se quisiera lograr su crecimiento hasta un 17% (M., 2023).

El faro de la motocicleta “Pulsar Bajaj NS200” representa un papel fundamental, debido a que no solo se desempeña un acta crucial en la seguridad mediante la iluminación, pero también se visualiza en la aparición del vehículo. No obstante, la fabricación de faros con material tradicional implica el uso de materiales que resultan menos sostenibles y más costosos. El uso de P-GLASS/ABS el cual es un material alternativo se fabrica por medio de impresión 3D se debe investigar para corroborar su uso y beneficios.

Este material tiene características mecánicas ventajosas para disminuir el impacto ambiental. Aunque la fabricación aditiva ha alcanzado lograr un avance notable, todavía hay una carencia importante de información sobre cómo se comportan mecánicamente los componentes hechos con materiales alternativos cuando se usan en condiciones reales. En particular, la falta de estudios enfocados en analizar el rendimiento del faro de la “Pulsar Bajaj NS200” dificulta que estas tecnologías se adopten de forma masiva en la industria. Por eso, resulta clave abordar este tema desde una mirada técnica y académica.

Este estudio tiene como enfoque principal evaluar cómo se desempeña mecánicamente el faro de la motocicleta cuando es fabricado con filamento P-Glass/ABS utilizando impresión 3D y

análisis por elementos finitos (FEA), buscando determinar si tiene la resistencia necesaria para situaciones del diario vivir. Para lograrlo, se plantearon metas específicas como simular su comportamiento mecánico, diseñar el modelo 3D del faro, analizar sus propiedades y fabricar el componente.

La importancia de esta investigación inicia en su capacidad para contribuir al desarrollo de soluciones más sostenibles y eficientes en la fabricación de componentes para motocicletas o para cualquier otra situación, así como en la promoción de prácticas responsables en el sector automotriz. Se espera que los resultados de este estudio proporcionen una base sólida para futuras investigaciones y aplicaciones dentro del ámbito de la fabricación aditiva.

Antecedentes

Ecuador es un país que se ha visto obligado al aumento de importaciones de autopartes debido al crecimiento natural del mercado automotor, en cambio las importaciones de materia prima disminuyeron un 15% en los primeros 6 meses del 2023 (González P. , 2023). Pero la impresión 3D ha transformado el proceso de manufactura, permitiendo la creación de piezas complejas a partir de materiales alternativos. Esta tecnología presenta ventajas significativas, como la disminución de costos, personalización de diseños y la minimización de residuos.

El tiempo de importación marítima varía de 25 a 40 días según el destino, en cambio importaciones vía aérea tardan de 7 a 15 días, pero sus costos aumentan significativamente, se considera también que los tiempos pueden aumentar debido a trámites aduaneros y temporadas altas (BASANTES, 2020).

La aplicación de materiales como P-Glass/ABS en la impresión 3D ha demostrado ser eficaz para producir componentes que requieren tanto resistencia como ligereza, además de facilitar el logro del grado de translucidez necesario para los faros.

La mezcla de P-Glass con ABS permite obtener un material compuesto con propiedades mecánicas mejoradas, ideal para la fabricación de faros de motocicleta que deben soportar condiciones adversas y cumplir con los requisitos de translucidez.

Dicho material P-GLASS está conformado por PC + PETG el cual es reforzado con fibra de vidrio, soporta temperaturas de 200°C a 220°C.

El análisis de elementos finitos (FEA) “se centra en la discretización del objeto o estructura en pequeñas partes o elementos, y se utiliza para calcular las tensiones, deformaciones y otros parámetros de interés en cada elemento. Estos resultados se pueden utilizar para evaluar la resistencia y la seguridad de la estructura, así como para optimizar su diseño” (Miguel, 2023).

Figure 1

Faro motocicleta pulsar NS200



Nota: Faro motocicleta Pulsar NS 200.

Figure 2

Carcaza original del faro



Nota: Carcaza original de la motocicleta el cual está fabricado de ABS.

Figure 3

Visera original



Nota: Visera encargada de mejorar la aerodinámica y protección, su material de fabricación es policarbonato.

Planteamiento del Problema

La visibilidad es un factor esencial para la seguridad de los motociclistas, especialmente en condiciones de poca iluminación. Según datos emitidos por el Servicio Integrado de Seguridad ECU 911, entre enero y marzo del año 2024 se reportaron 3687 siniestros de tránsito con motocicletas involucradas a nivel nacional, evidenciando un ligero aumento respecto al mismo período del año anterior. Refuerzan la necesidad de optimizar todos los elementos que inciden en la seguridad del conductor, incluida la calidad del sistema de iluminación (Servicio Integrado de Seguridad ECU 911, 2023).

El mercado ecuatoriano de motocicletas mantiene un crecimiento sostenido, lo que abre oportunidades para la comercialización de piezas de repuesto. En particular, el modelo Bajaj NS200, al tener presencia importante en el parque rodante, genera una demanda constante de sus faros. Si se considera un volumen acumulado del parque entre miles de unidades y se aplica una tasa estimada de reemplazo anual del 10 %, es notable que el mercado nacional requiera varias centenas hasta más de mil faros al año para este modelo. Adicionalmente, el faro delantero de motocicleta se integra en la categoría arancelaria con código HS 8512 (“aparatos eléctricos de alumbrado para vehículos”), lo que implica que su importación está regulada por los procesos aduaneros del Servicio Nacional de Aduana del Ecuador (SENAE). En conjunto, estos elementos reflejan que importadores y distribuidores de autopartes tienen una ventana comercial significativa para atender el mercado de repuestos de la NS200 (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], 2025).

En este contexto, el faro delantero de la motocicleta Pulsar Bajaj NS200 cumple una función clave. Por lo tanto, el problema central radica en la necesidad de analizar técnica y funcionalmente el comportamiento de una visera fabricada con P-Glass/ABS, determinando si este

material cumple con los requisitos de seguridad, durabilidad y eficiencia necesarios para su implementación en la industria de autopartes.

Justificación

El estudio acerca de la impresión 3D con la fabricación de autopartes “componentes” para motocicletas es esencial e importante por distintas razones. Una de ellas es la personalización en diseños de motocicletas que exigen soluciones innovadoras que se puedan adaptar rápidamente al mercado. La impresión 3D permite elaborar piezas únicas y complejas, lo que mejora en el rendimiento de vehículos y facilitar a los fabricantes una ventaja competitiva en el sector con constante crecimiento. En un enfoque práctico, el proyecto puede resolver inconvenientes específicos en la elaboración de componentes, como la disminución de costos y tiempo. Al manipular materiales como P-GLASS/ABS, la fabricación de piezas son más resistentes y ligeras, lo que permite mejorar el rendimiento en general del vehículo y también la eficiencia del combustible.

Lo cual beneficia a las empresas que lo fabrican como a sus distribuidores, que buscan productos de alta calidad y una disminución verídica en el impacto ambiental. La investigación promoverá la sostenibilidad en la industria automotriz al poner en práctica el uso de materiales reciclables. Es específicamente necesario para la disminución de contaminantes y adoptar practicas más ecológicas. Densidad del Policarbonato (PC) 1.20 a 1.24 gr/cm³, Resistencia a la tensión 75.842 MPa (11000psi), Elasticidad 400.000psi, su propiedad térmica resiste a la deformación por calor hasta los 130°C en cuanto si esta reforzado con fibra de vidrio alcanza una temperatura de 145°C denominada temperatura de transición Vítrea, “Resistencia a la tracción (fluencia / rotura) Kg/cm² 650 / --, Resistencia a la compresión (1 y 2 % def) Kg/cm² 160 / 310, Resistencia a la

flexión Kg/cm^2 900” (BACCA, 2019). Sus propiedades ópticas posee un elevado índice de refracción(1.584), y una transmisión de luz en la región visible alrededor de 89% (BACCA, 2019).

Es un material transparente el cual permite un paso de luz solar, crea paños aislantes y traslucidos lo cual genera mayor facilidad de diseño, es ligero, posee una gran durabilidad y resistencia al impacto (Humpiri, 2023).

Asimismo, su coeficiente de expansión térmica puede comprometer la estabilidad dimensional del faro si no se considera adecuadamente en la fase de diseño (Thomas, 2024). Estas condiciones pueden incidir negativamente en el desempeño del sistema de iluminación y aumentar el riesgo de accidentes.

A pesar del uso masivo del policarbonato, su limitada resistencia a condiciones ambientales agresivas genera un deterioro anticipado que podría comprometer la integridad del motociclista. En este sentido, la evaluación del P-Glass/ABS como material alternativo representa una línea de investigación relevante. Se requiere validar su rendimiento mecánico mediante ensayos y simulaciones que reflejen escenarios reales de uso.

Frente a estas deficiencias, materiales como el P-GLASS/ABS, que combinan resistencia mecánica y menor peso, emergen como alternativas prometedoras. No obstante, aún se requiere mayor evidencia técnica sobre su comportamiento real en aplicaciones automotrices, particularmente en el sector de las motocicletas.

Este proyecto radica con el enfoque en la viabilidad mecánica de los componentes como es el caso de la visera de la motocicleta “Pulsar Bajaj NS200”. Los resultados que se puedan obtener de este estudio podrían ser significativos, poder aplicar a otros componentes de motocicletas y otras ramas de la ingeniería en general, facilitando beneficios existentes.

Objetivos

Objetivo General

Fabricar un prototipo de la visera superior del faro de la motocicleta Pulsar Bajaj NS200 a partir del rediseño del componente original y su producción mediante manufactura aditiva con material P-GLASS/ABS.

Objetivos Específicos

- Digitalizar virtualmente las dos piezas que conforman la visera superior de la motocicleta Pulsar NS200 mediante ingeniería inversa con el escáner CR-Scan Raptor, con el fin de obtener su geometría real llegando a un rediseño de la pieza en una sola.
- Realizar simulaciones de impacto con el material original PC/ABS en la visera de la motocicleta “Pulsar Bajaj NS200” mediante el uso de Altair/Simlab para el análisis de áreas críticas.
- Establecer los parámetros del proceso de impresión 3D mediante fusión en una sola pieza de los dos componentes de la visera, fabricados con material P-GLASS/ABS, con el fin de lograr una adecuada unión entre ambos y evaluar su comportamiento estructural.
- Desarrollar simulaciones de impacto en la visera de la motocicleta “Pulsar BajajNS200” empleando el material alternativo PGLASS/ABS, mediante el uso del software Simlab, con la finalidad de identificar zonas críticas donde presente mayor esfuerzo.

- Fabricar la visera de la motocicleta con el material alternativo seleccionado que presenta mejor resistencia mecánica y acabado, mediante impresión 3D para realizar pruebas físicas de funcionalidad.
- Evaluar la transmitancia de la autoparte, utilizando un Luxómetro Digital para analizar la cantidad de luz que traspasa.

Objetivos ODS que persigue el proyecto

- Industria, Innovación e Infraestructura
 - Impulsar el uso de nuevas tecnologías de impresión 3D para la fabricación de componentes de motocicletas de manera eficiente para la reducción de precios y mejoras en la fabricación.
 - Producción y consumo responsable
- Realizar prácticas de fabricación con la utilización de material alternativo, realizando impresiones en 3D con medidas reales del faro original para promover la producción con nuevos materiales que sean más duraderos.
 - Acción Climática
 - Conllevar a la reducción de materiales contaminantes en la fabricación de motocicletas, a través de procesos de producción más eficientes para una mejora continua y disminuyendo fabricaciones contaminantes.

Hipótesis

La fabricación de la visera superior del faro de la motocicleta Pulsar Bajaj NS200 mediante un proceso de producción como la manufactura aditiva, empleando el material compuesto P-GLASS/ABS, permitirá obtener un componente con un comportamiento mecánico comparable o superior al del material original ABS. Asimismo, este enfoque permitirá reducir las etapas del proceso de producción y ensamble, al integrar la fabricación del componente en un solo proceso.

Se espera que el material P-GLASS/ABS presente valores de resistencia a la tracción de 37.9 ± 1.1 , elongación a la rotura 2.9 ± 0.3 , permitiendo que la pieza soporte de manera eficiente las cargas dinámicas y condiciones de servicio propias del uso cotidiano del faro. Mediante el análisis de elementos finitos se verificará la viabilidad estructural del rediseño propuesto, confirmando que el componente fabricado cumple con los requisitos mecánicos necesarios para su correcta aplicación funcional.

Estado del arte

En el presente apartado de investigación se evidencia cada una de las técnicas, estrategias y herramientas que nos permiten integrar este diseño mediante ingeniería inversa, uso de herramientas CAD, CAM, CAE, análisis por elementos finitos (FEM) lo cual es un método computacional que simula el comportamiento de estructuras bajo diversas condiciones de carga. Altair en este caso Hypermesh y Simlab, es una herramienta reconocida en la industria que facilita la realización de simulaciones FEM, permitiendo optimizar diseños y visualizar el rendimiento mecánico de componentes como el faro de motocicleta (Altair Engineering, 2020).

Este proceso se basa en la superposición gradual de capas de material polimérico fundido, una sobre otra, hasta dar forma a la pieza deseada. En otras palabras, emplea un filamento de polímero almacenado en una bobina, el cual se derrite a medida que atraviesa el extrusor (Aroca, 2021). La resistencia mecánica es esencial para asegurar que los faros puedan resistir impactos y vibraciones. Investigaciones han demostrado que el P-Glass/ABS presenta una resistencia mecánica superior en comparación con el policarbonato, lo que podría incrementar la seguridad (Pavan & Ferreira, 2021).

En cuanto a las propiedades de los materiales tradicionales, el policarbonato es conocido por su ligereza y resistencia a impactos, aunque tiende a degradarse con el tiempo. El vidrio, si bien es resistente a arañazos, es más pesado y frágil, lo que lo hace menos adecuado para aplicaciones en motocicletas.

En cambio, el P-Glass/ABS combina características favorables, proporcionando resistencia y ligereza, además de permitir su moldeo mediante impresión 3D, lo que representa una ventaja significativa (Zhang et al., 2020; Matsumura et al., 2019). Como la versatilidad en el diseño, permitiendo crear formas complejas que serían complicadas de producir con técnicas tradicionales.

La resistencia mecánica del P-Glass/ABS es fundamental para aplicaciones donde los componentes están expuestos a impactos y vibraciones. Con respecto a las propiedades de los materiales tradicionales corresponde al policarbonato el cual es un material que presenta alta resistencia al impacto, es rígido y resiste bien a riesgos de deformación térmica, aislante eléctrico, material traslucido (Chaymae, 2023).

Plásticos utilizados en vehículos

Los materiales poliméricos empleados en la industria automotriz constituyen plásticos de alto rendimiento diseñados para satisfacer las exigentes especificaciones del sector, incluyendo robustez estructural, vida útil prolongada y comportamiento térmico estable. Su adaptabilidad facilita el desarrollo de soluciones técnicas para múltiples propósitos, abarcando desde elementos con función portante hasta revestimientos internos y externos de los automóviles. Estas matrices poliméricas presentan características complementarias valiosas: capacidad para absorber energía ante colisiones, inercia química frente a hidrocarburos y fluidos operacionales, posibilidad de conformado en configuraciones geométricas intrincadas y rentabilidad favorable en líneas de producción masiva. Adicionalmente, diversos polímeros técnicos permiten consolidar varias prestaciones en un único elemento, disminuyendo la cantidad de partes necesarias y optimizando las secuencias de montaje.

Actualmente, estas formulaciones plásticas constituyen cerca de la mitad del volumen físico de un automóvil contemporáneo, revolucionando las metodologías productivas establecidas y posibilitando nuevos conceptos de ingeniería vehicular, particularmente en plataformas eléctricas donde la minimización de masa resulta determinante para extender el rango operativo (Bennett, 2025).

Ventajas de utilizar plástico en los vehículos

Existen varias ventajas de utilizar plástico en la elaboración de componentes en los vehículos, algunas de ellas son:

- Disminución del peso, que oscila entre un 17-50% lo cual aumenta en un mejor rendimiento al vehículo.
- Buenas propiedades aislantes eléctricas, térmicas y acústicas.
- Maleabilidad fácil la cual permite conseguir piezas complejas.
- Mejor resistencia a la fricción.
- Absorción de energía ante un impacto sin ocasionar una deformación dependiendo el grado del impacto (García-León, 2020).

Un alto porcentaje de piezas de un automóvil son fabricadas mediante plásticos reforzados, como se puede observar en la figura 4 en el habitáculo se observa un gran porcentaje de su estructura fabricado de plástico comúnmente elaborado de PC.

Figure 4

Habitáculo fabricado de plástico



Nota. Habitáculo interno de plástico. Tomado de (Gavin, 2024)

En la tabla siguiente tabla 1 se describen los termoplásticos más utilizados en la elaboración de repuestos automotrices tanto flexibles como menos flexibles, el termoplástico de más demanda para la elaboración de repuestos es el ABS por sus buenas propiedades mecánicas que lo caracterizan.

Tabla 1

Tipos de Plásticos

Termoplásticos flexibles		Termoplásticos menos flexibles	
Nombre	Código	Nombre	Código
Polipropileno	PP	Oxido de polietileno	PPO
Poliamida	PA	Acrilonitrilo butadieno estireno	ABS
Cloruro de polivinilo	PVC	Polimetacrilato mitelo	PMMA
Policarbonato	PC	Estireno acrilonitrilo	SAN
Polietileno	PE	Polioximmetileno	POM

Nota. Plásticos utilizados en la fabricación de piezas de vehículos. Tomado de (Gavin, 2024)

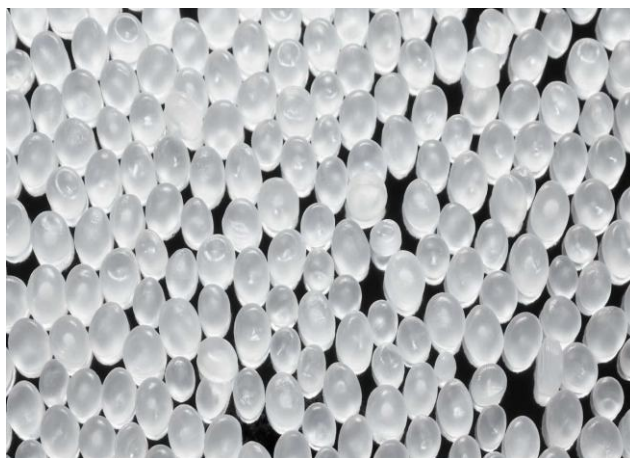
Polipropileno (PP)

Es un polímero termoplástico de uso comercial, de naturaleza semicristalina, color blanco y con un aspecto semiopaco. En la actualidad se fabrica en diversas calidades y con múltiples modificaciones. Se trata de un plástico técnico o termo conformado que se emplea principalmente en la elaboración de piezas que requieren ligereza, resistencia a agentes químicos y un bajo coeficiente de fricción, entre otras aplicaciones. Este material se obtiene a partir del propileno, y más del 90% de la producción nacional de esta sustancia se destina a la industria

petroquímica, especialmente para la fabricación de polipropileno (Amaya, Molina, & Sánchez, 2018).

Figure 5

Polipropileno (PP)



Nota. Tomado de (Agency, 2024)

El análisis de la tabla 2 compara polímeros con materiales de ingeniería. El PC destaca por su alta resistencia al impacto (≥ 80 kJ/m²) y estabilidad térmica (135 °C). El PETG ofrece elongación superior (360%) con transición vítrea de 79-85 °C, posicionándose entre ABS y PC en resistencia térmica y deformación.

Tabla 2

Propiedades mecánicas del Polipropileno

Propiedades	Valor / Rango	Unidad
Densidad	0.90 – 0.93	g/cm ³
Resistencia térmica continua	hasta 70	°C
Punto de fusión	>160	°C
Punto de ebullición	160	°C
Resistencia al impacto	Alta	—
Resistencia superficial	Buena	—

Estabilidad dimensional	Elevada	—
Resistencia eléctrica	$>10^{16}$	$\Omega \cdot \text{cm}$
Rigidez dieléctrica	Buena	—
Absorción de agua	Baja	—
Resistencia a rayos UV	Débil	—

Nota. Tomado de (Mármol, s.f).

Poliamida (PA)

Es un termoplástico que se obtiene de manera sintética es decir por medio de reacciones químicas y de igual manera en forma natural como en la seda o lana. Sus principales características son la resistencia al desgaste y mecánica, como también en su tenacidad y resistencia (KLUMEX, 2024).

En el sector automotriz, la poliamida es utilizada en distintos componentes algunos de ellos son: tapas del motor, colector de admisión, tapa válvulas, conectores, rejillas de ventilación, tapa cubos, manijas, tapa de combustible, entre otros componentes.

En la siguiente tabla 3 se describe las características de la (PA) que destaca por su excelente comportamiento térmico y propiedades mecánicas superiores. Presenta temperatura de fusión de 250 °C y resistencia a tracción cercana a 700 kg/cm. Con elongación a rotura de 25%, se clasifica como material más rígido comparado con otros termoplásticos convencionales, tomado de (Ensinger , s.f).

Tabla 3

Características Técnicas Poliamida (PA)

Propiedades	Parámetro	Valor	Unidad
Propiedades mecánicas			
Resistencia a tracción	5mm/min	70	MPa

Módulo de elasticidad (ensayo a tracción)	5mm/min	2800	MPa
Elongación a rotura	5mm/min	40	%
Resistencia a flexión	5mm/min	39	MPa
Módulo de elasticidad (ensayo a flexión)	5mm/min	3800	MPa
Resistencia a compresión	1,3mm/min	81	MPa
Módulo de compresión	1,3mm/min	2300	MPa
Resistencia al impacto (Charpy)	máx. 7,5J	n.b	kJ/m ²
Resistencia al impacto entallado (Charpy)	2,9m/s	9,45	kJ/m ²
Dureza por indentación de bola		155	MPa
Dureza Shore	Shore D	72	
Propiedades térmicas			
Temperatura de transición vítrea		53	°C
Temperatura de fusión		221	°C
Temperatura de servicio	short term	160	°C
Expansion térmica (CLTE)	23-60°C, long.	9,7	10 ⁻⁵ K ⁻¹
Conductividad térmica		0,37	W/(K·m)

Nota. Propiedades mecánicas y térmicas de la PA.

Figure 6

Poliamida (PA)



Nota. Tomado de (Poly Fluoro Ltd, 2024)

Policarbonato (PC)

Es un polímero termoplástico caracterizado por su flexibilidad, durabilidad y su extraordinaria capacidad de transmitancia de luz. Este material está compuesto con la mezcla de bisfenol A y carbonato de fosgeno, lo que le permite obtener propiedades exclusivas frente a otros plásticos. Su distinción frente a otros materiales es su superior resistencia al impacto. Es aproximadamente 200 veces más resistente que el vidrio y también liviano, lo que le transforma en una mejor opción para usar en aplicaciones en donde la seguridad es prioridad.

El policarbonato es uno de los materiales más utilizados debido a sus propiedades únicas, los cuales pueden ser utilizado para la fabricación de láminas protectoras, ventanas de seguridad, escudos policiales, debido a su gran transparencia y difusión de luz, en el sector automotriz es utilizado en la fabricación de faros, luces, cubiertas de luces, panel de instrumentos, techos solares, entre otros (Juanabridl, 2024).

En la tabla 4 se describe las características del (PC), un plástico de ingeniería altamente resistente. Presenta rigidez entre 2.32-2.44 GPa y soporta estiramientos mayores a 62 MPa. Su resistencia a grietas ($\geq 2.1 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{0.5}$) y capacidad de elongación (150%) le permiten absorber impactos eficientemente sin romperse. Además, mantiene estabilidad dimensional a temperaturas elevadas (hasta 270-280 °F), validando su aplicación en entornos térmicamente exigentes.

Tabla 4

Características Técnicas del Policarbonato (PC)

Propiedades	Rango	Unidad
Módulo de Young	2,32 – 2,44	GPa
Límite elástico	59,1 – 65,2	MPa
Res. a la tracción (fuerza de tensión)	62,7 – 72,4	MPa
Elongación	110 – 150	%

Dureza	18 – 20	HV
Resistencia a la fatiga (10^7 ciclos)	23,7 – 30,8	MPa
Tenacidad a la fractura	2,1 – 2,3	MPa·m ^{0.5}
Coeficiente de fricción	0,31	—
Propiedades Termicas		
Coef. de dilatación térmica	$3,75 \times 10^{-5}$	pulg/plug/°F
Coef. de expansión térmica	$66 – 70 \times 10^{-6}$	K ⁻¹
Conductividad térmica	1,35	Btu·pulg/(h·ft ² ·°F)
Calor específico (a 40 °C)	0,30	cal/g·°C
Temp. de deflexión por calor (a 264 psi)	270	°F
Temp. de deflexión por calor (a 66 psi)	280	°F
Temp. de fragilización	-211	°F
Temp. máx. de utilización	115 – 130	°C

Nota. Tomado de (Arias, 2022).

Acrilonitrilo butadieno estireno (ABS)

Es un material plástico con grandes propiedades, como son: buena resistencia al impacto, resistencia mecánica, facilidad de maleabilidad (proceso).

El ABS es de estructura molecular amorfa que destaca por su alta resistencia a impactos, productos químicos y al desgaste. Su facilidad para moldearse lo convierte en un material muy empleado en la fabricación de autopartes y electrodomésticos. Aunque no se considera ecológico, posee la ventaja de poder reciclarse y reprocesarse para nuevos usos industriales (García-León, 2020).

Cuando aumenta el contenido de butadieno en el ABS, su capacidad de resistir impactos mejora, pero esto puede debilitar la resistencia a la tensión y la temperatura de deformación térmica.

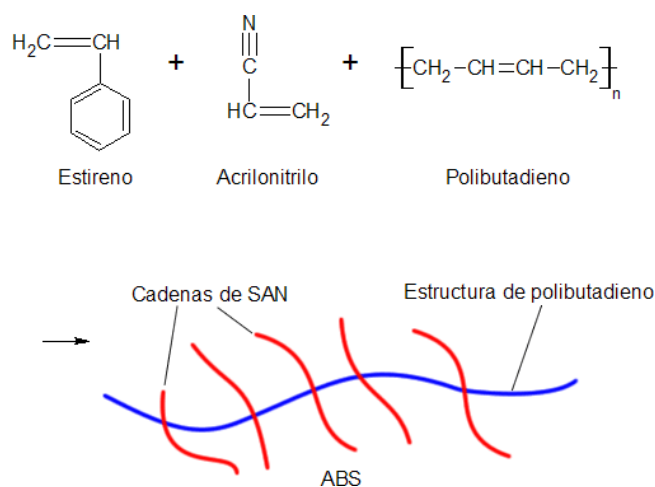
En la actualidad, el ABS se lo aplica de forma extendida en la fabricación de distintos productos como piezas de lego, componentes en la industria automotriz, carcasas de electrodomésticos. Su punto de fusión relativamente alto lo transforma en una opción apropiada para la fabricación de recipientes que contengan líquidos calientes (OSEJOS, 2016).

En la industria automotriz este material se usa para la fabricación de piezas, como componentes de cinturones de seguridad, manijas, tablero de instrumentos, carcasa de espejos, paneles de las puertas (Leo, 2024).

En la siguiente figura 7 muestra la composición del plástico ABS, formado por tres componentes. El Acrilonitrilo y Estireno aportan dureza y resistencia química, mientras el Polibutadieno actúa como goma elástica que evita roturas por impactos. Esta mezcla crea un material fuerte pero flexible, ideal para múltiples aplicaciones,

Figure 7

Estructura del ABS



Nota. Composición del material ABS. Tomado de (OSEJOS, 2016).

La tabla 5 muestra que el ABS presenta una resistencia al impacto Izodermico entre 105 y 640 J/m, siendo mayor en los grados de alto impacto. La resistencia a la tracción varía aproximadamente entre 3,3 y 5,3 kg/mm², lo que indica una buena capacidad para soportar

esfuerzos mecánicos. La elongación se encuentra entre 5 % y 70 %, reflejando desde comportamientos más rígidos hasta más dúctiles. La dureza aumenta desde 88–90 HRC en grados de alto impacto hasta 105–110 HRC en los de bajo impacto. Finalmente, su peso específico se mantiene entre 1,02 y 1,07 g/cm³, lo que confirma que es un material liviano y versátil para diversas aplicaciones industriales.

Tabla 5

Propiedades Cuantitativas del ABS

Propiedades	Método ASTM	Unidad	Alto impacto	Impacto medio	Bajo impacto
Resistencia al impacto, prueba Izod	D2546	J/m	375 – 640	215 – 375	105 – 215
Resistencia a la tracción	D638	Kg/mm ²	3,3 – 4,2	4,2 – 4,9	4,2 – 5,3
Elongación	D638	%	15 – 70	10 – 50	5 – 30
Dureza	D785	HRC	88 – 90	95 – 105	105 – 110
Peso específico	D792	gr.	1,02 – 1,04	1,04 – 1,05	1,05 – 1,07

Nota. Tomado de (OSEJOS, 2016).

Composición del P-GLASS

Es un material compuesto conformado por una matriz polimérica, generalmente un termoplástico, en el cual se le agregan fibras de vidrio con la finalidad de obtener una mejora en sus propiedades mecánicas y térmicas. Esta unión da como resultado un material más resistente, rígido transformándole en una solución correcta para uso de aplicaciones técnicas (PLASTICOS LEZO , 2025)

Policarbonato (PC)

El policarbonato es un termoplástico muy resistente al calor y a los impactos, ampliamente utilizado en el sector automotriz por su adaptabilidad. Gracias a su estructura

química, puede sustituir al vidrio en el diseño de vehículos, reduciendo el peso hasta en un 50 %. Esta característica disminuye el consumo de combustible y, en autos eléctricos, contribuye a una mayor duración de la batería. En conjunto, sus propiedades mejoran la eficiencia energética y fomentan la innovación en el desarrollo de componentes automotrices (Escudero, 2020).

En la figura 8 se representa algunos tipos de diseños impresos con filamento de PC el presenta propiedades de resistencia mecánica como térmica y es de fácil manipulación al momento de realizar impresiones 3D.

Figure 8

Polycarbonato (PC)



Nota. Tomado de (Gloria, 2025).

A continuación, se presenta las propiedades mecánicas más relevantes del PC:

En la tabla 6 se presenta los datos que demuestra que el PC es un material con mayores propiedades ingenieriles que sobrepasan al ABS en todos los parámetros establecidos, corroborando una resistencia al impacto mayor al ABS y tolerancia térmica superior, lo cual es importante para aplicaciones de rendimiento.

Tabla 6*Propiedades mecánicas del (PC)*

Indicadores de rendimiento	Polycarbonato (PC)	ABS (Referencia de comparación)	Mejora
Fuerza de impacto	≥ 80 KJ/m ²	-15KJ/m ²	Más de 5 veces
Temp. def de calor	135 °C	75 °C	60 °C más alto
Resistencia a la tracción	60-70MPa	40-50 MPa	30% más alto
Módulo de flexion	2.3-2.5GPa	1.8-2.0 GPa	Mejor rigidez

Nota. Tomado de (Gloria, 2025).

PETG

El PETG es un copolímero ampliamente empleado en la impresión 3D debido a sus excelentes propiedades mecánicas y térmicas. Surge de la modificación del PET mediante la incorporación de glicol, proceso que mejora su rendimiento y reduce su tendencia a cristalizar. Durante su obtención, se sustituye el etilenglicol por ciclohexano dimetanol (CHDM), generando una cadena molecular más extensa y estable frente a esfuerzos mecánicos. Gracias a su buena extrusión y resistencia térmica, el PETG y otros polímeros derivados del PET se han consolidado como materiales clave en la tecnología de impresión 3D por deposición fundida (FDM) (Narváez, 2023).

La tabla 7 resume las propiedades principales del PETG. En las cuales destacan su alta tenacidad, alargamiento de rotura que puede alcanzar el 360%. El material presenta un módulo de tracción de 1.90-2.00GPa, determinándolo como un polímero rígido con muy buena capacidad de deformación ante fracturas

En la siguiente tabla se presentan los datos de las propiedades mecánicas del PETG:

Tabla 7*Propiedades mecánicas PETG*

Propiedades	Abreviatur	Unidad	PETG
Densidad del Polímero	p	g/cm ³	1.26-1.28
Dureza (Rockwell R)	HRR	—	104-121
Límite Elástico a la Tracción	σ	MPa	28.3-101
Módulo de Tracción	E	GPa	1.90-2.00
Alargamiento a la Rotura	ϵ	%	3.20-360
Límite Elástico a la Flexión	σ^*	MPa	39.2-88.9
Módulo de Flexión	E^*	GPa	1.17-2.76
Temperatura de Transición Vítrea	Tg	°C	79-85°C
Temperatura de Fusión	Tm	°C	160-293°C
Conductividad Térmica	λ	W/m-K	0.162-0.225
Capacidad de Calor Específico	Cp	J/g°C	1.10-1.30

Nota. Tomado de (Yan, 2023).

Material Compuesto

Son combinaciones de dos o más materiales distintos con funciones específicas. El material matriz proporciona cohesión estructural, mientras el refuerzo aporta características complementarias. Esta sinergia permite potenciar las prestaciones del sistema base y compensar sus limitaciones inherentes. La incorporación del elemento reforzante mejora propiedades como resistencia mecánica, estabilidad dimensional, capacidad portante, resistencia al fuego o características estéticas. Estos materiales se clasifican según su naturaleza (metálicos, cerámicos, poliméricos, minerales) o configuración geométrica del refuerzo (M, 2023).

Material compuesto en la impresión 3D

Los materiales compuestos están formados por la unión de un plástico base (llamado matriz) con elementos que lo refuerzan, como fibras de carbono, vidrio, grafeno o kevlar. Es importante aclarar que cuando se mezclan dos plásticos similares (por ejemplo, PLA con ABS) no se considera un compuesto, sino una aleación. En la industria se prefieren plásticos de alto rendimiento como el policarbonato (PC), el nylon o el PEEK, ya que estos materiales ya poseen buenas propiedades por sí solos.

Estos compuestos se fabrican principalmente en dos formatos: como polvos finos para máquinas que los derriten con láser (tecnología SLS), o como filamentos para impresoras que depositan el material fundido capa por capa (tecnología FDM). Existe también un método más sofisticado que utiliza fibras cortas y continuas, las cuales se insertan dentro del plástico mientras se imprime la pieza. Este proceso requiere dos cabezales: uno que coloca el plástico fundido y otro que va incorporando las fibras al mismo tiempo. Por último, hay resinas líquidas especiales que se endurecen mediante luz ultravioleta (proceso SLA), donde el líquido se solidifica alrededor de una estructura de fibras que le dan resistencia (Ye, 2021).

Fibras cortas

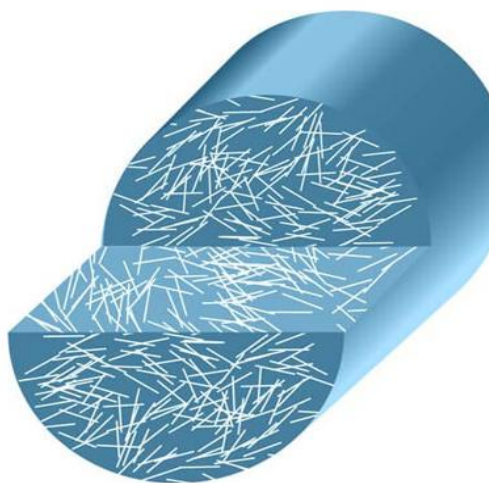
Se trata de pequeños fragmentos de materiales reforzantes como carbono o Kevlar, cuyo tamaño no supera el milímetro de longitud. Estos fragmentos diminutos se distribuyen uniformemente dentro del plástico base (como PLA o ABS), mejorando su capacidad para soportar cargas y su dureza. La principal ventaja de estos refuerzos cortos es su facilidad de uso: pueden incorporarse en prácticamente cualquier tipo de plástico fundible y el material resultante funciona perfectamente en impresoras 3D estándar sin necesidad de equipos especiales. No obstante, presenta una limitación importante: al estar dispersas dentro del plástico, estas fibras se

colocan en direcciones arbitrarias sin ningún patrón definido, lo que disminuye el rendimiento mecánico del material comparado con sistemas donde las fibras mantienen una dirección continua y ordenada (Ye, 2021).

La Figura 9 muestra un material plástico reforzado con fibras cortas distribuidas aleatoriamente en su interior. Estas fibras mejoran la rigidez, resistencia a tracción y estabilidad térmica del polímero base (ABS, PA o PC). Sin embargo, debido a su orientación irregular y longitud limitada, las propiedades mecánicas de la pieza impresa varían según la dirección de carga y el sentido de deposición de las capas.

Figure 9

Fibra corta



Nota. Tomado de (M., 2024).

Efecto del contenido de fibra corta

Los fragmentos cortos de fibra de carbono se incorporan en plásticos como el nailon (PA) para mejorar su desempeño mecánico sin agregar peso considerable. Esta mezcla aprovecha la dureza de la fibra de carbono combinada con la flexibilidad y resistencia térmica del nailon, resultando en materiales livianos, duraderos y con dimensiones estables.

Estudios realizados con impresión 3D FDM y moldeo por inyección muestran que factores como la cantidad de fibra, cómo se orientan dentro del plástico, la dirección en que se construyen las capas, el tipo de relleno interno y el grosor de cada capa impactan directamente en la resistencia al estiramiento, la rigidez y la dureza del material. Normalmente, añadir más fibra mejora estas propiedades hasta cierto punto, aunque durante el proceso de fabricación las fibras pueden romperse más y reducir parcialmente los beneficios esperados.

La cantidad de fibra presente en el material es fundamental: a mayor proporción, mejores son la resistencia y rigidez obtenidas. Sin embargo, la mayoría de investigaciones actuales trabajan con contenidos bajos de fibra (10–20%), faltando análisis sobre composites con altas concentraciones y cómo fluyen estos materiales durante su procesamiento.

En conclusión, los compuestos de nailon con fibra de carbono cortan (SCF/PA) ofrecen una excelente combinación de peso reducido, buena resistencia mecánica y larga vida útil, aunque se necesitan más estudios para perfeccionar su fabricación y entender completamente cómo la cantidad y orientación de las fibras afectan el desempeño final del material (Zhao, 2025).

En la tabla 8 indica los valores de la fibra de carbono fragmentada que constituye un material con prestaciones estructurales superiores, exhibiendo rigidez y resistencia excepcionales (225 GPa y 3.30 GPa, respectivamente). La poliamida “Nylon”, en contraste, representa un polímero termoplástico con características mecánicas moderadas (3.8 GPa y 0.1 GPa), aunque posee parámetros de procesamiento térmico claramente establecidos, lo cual la convierte en una opción apropiada para aplicaciones donde la flexibilidad y la facilidad de conformado son factores prioritarios sobre la elevada capacidad de soportar cargas de tracción

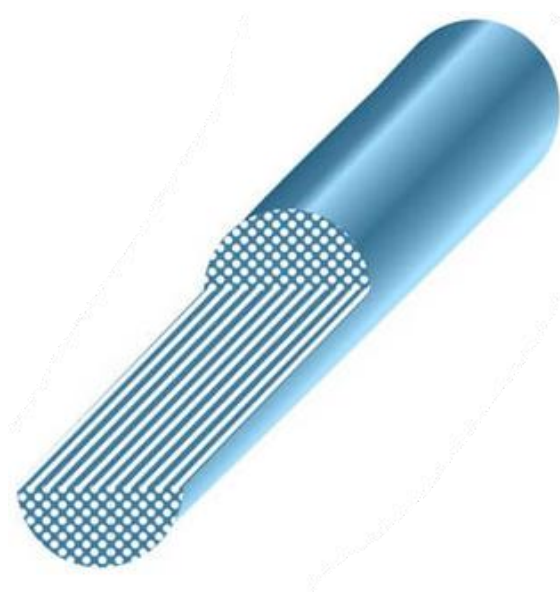
Tabla 8*Parámetros de comportamiento material*

Material	Resistencia a la tracción σ (GPa)	Módulo de tracción E (GPa)	Densidad ρ (g/cm ³)	Tasa de elongación	Diámetro D (μ m)	Rango de fusión (°C)	Temp. transición vítrea Tg (°C)
Nailon	0.1	3.8	1.2	/	/	230– 240	85
Fibra de carbono corta	3.30	225	1.82	1.7%	7	/	/

Nota. Resistencia tracción y elongación de nailon y fibra de carbono corta. (Zhao, 2025).

Fibra larga

En contraste, las fibras continuas consisten en filamentos largos e interrumpidos de material reforzado que, al incorporarse dentro del plástico base, generan una resistencia mecánica notablemente mayor comparada con los fragmentos cortos. La razón es simple: un filamento extenso puede recibir y transferir las fuerzas aplicadas a través de toda su extensión, mientras que un trozo pequeño solo puede hacerlo en un segmento limitado. Esta tecnología de impresión 3D con refuerzos continuos ha ganado popularidad recientemente, durante los últimos cinco años aproximadamente, impulsada por diversos fabricantes que han creado sus propios sistemas especializados. Como es de esperarse, producir piezas con esta tecnología implica costos superiores a los métodos con fibras fragmentadas, principalmente porque se necesitan equipos y cabezales de impresión diseñados específicamente para este propósito (Ye, 2021).

Figure 10*Fibra Larga*

Nota. La Figura 10 presenta un material plástico con refuerzo de fibras largas continuas, superior a los sistemas de fibras cortas. Las fibras mantienen una orientación paralela constante, permitiendo una transmisión eficiente de cargas y mejorando notablemente la rigidez y resistencia a tracción en esa dirección específica. Se emplea en aplicaciones de alto rendimiento con propiedades direccionales controladas, como filamentos avanzados para impresión 3D por deposición fundida, tomado de (M., 2024).

Los compuestos poliméricos reforzados con fibra continua (CFRPC) están formados por dos componentes principales: fibras largas que actúan como refuerzo y plásticos que funcionan como base estructural. Las propiedades de resistencia y rigidez de estos materiales provienen principalmente de las fibras incorporadas. En la impresión 3D de estos compuestos se pueden utilizar diversos tipos de refuerzos según la aplicación: carbono, vidrio, Kevlar, fibras vegetales como yute, o polietileno de ultra alto peso molecular (UHMWPE). La Tabla 1 describe los refuerzos disponibles y sus características.

La fibra de carbono es el refuerzo más empleado en piezas impresas para sectores aeroespacial y automotriz debido a su excepcional rigidez y resistencia. Los filamentos tipo 1K, por su diámetro delgado, se procesan fácilmente durante la impresión. Variar el grosor del haz (1K, 3K) mejora tanto las propiedades mecánicas como la precisión de las piezas.

Las fibras de vidrio, siendo económicas y con buenas propiedades mecánicas, se usan comúnmente en equipamiento deportivo. El Kevlar se prefiere para estructuras ligeras que requieren alta resistencia al impacto. Las fibras de yute permiten crear compuestos ecológicos. El UHMWPE, aunque ligero y resistente, se usa poco porque su baja temperatura de fusión requiere plásticos de base especial que procesen a temperaturas bajas (Xiaoyong Tian a, 2022).

La Tabla 9 compara las propiedades de diferentes fibras de refuerzo continuo usadas en materiales compuestos. La fibra de Carbono es la más rígida y resistente (Módulo de 230 GPa), siendo ideal para estructuras de alto rendimiento. El polietileno de ultra alto peso molecular (UHMWPE) es la más liviana (≤ 0.97 g/cm³) y se estira más ($\geq 3.5\%$) antes de romperse, perfecta cuando se necesita reducir peso. El Kevlar ofrece un punto medio con buena resistencia (3.5 GPa) y módulo de 131 GPa, siendo menos frágil que el carbono o vidrio.

Tabla 9

Características de fibras continuas para CFRPC impresos en 3D

Fibra continua	Densidad (g/cm ³)	Diametro(μ m) (bundle)	Model	Resis. Tracción (GPa)	Modulo elasticidad (GPa)	Deform. A la rotura (%)
Carbon	1.76	7.5 (1000)	T300B-1000-50C	—	—	—
		10 (1000)	T300	—	—	—
		7.5 (3000)	T300B-3000-50C	—	—	—
		10 (1000)	—	3.5	230	1.5

Glass	2.54	13 (1000)	—	2.2	21	—
Kevlar	1.43	12	800D	3.5	131	2.8
Jute	1.5	20–200	—	0.417	27.4	2.81
UHMWPE	0.97	25 (670)	600D	3	170	3.5

Nota. Tomado de (Xiaoyong Tian a, 2022).

Pos procesamiento 3D

Se encarga de crear imágenes digitales tridimensionales de algún objeto por medio de un software CAD. Debido a los algoritmos que contiene el programa la cual genera una representación matemática en 3 dimensiones enfocadas en puntos con coordenadas o vértices de un elemento.

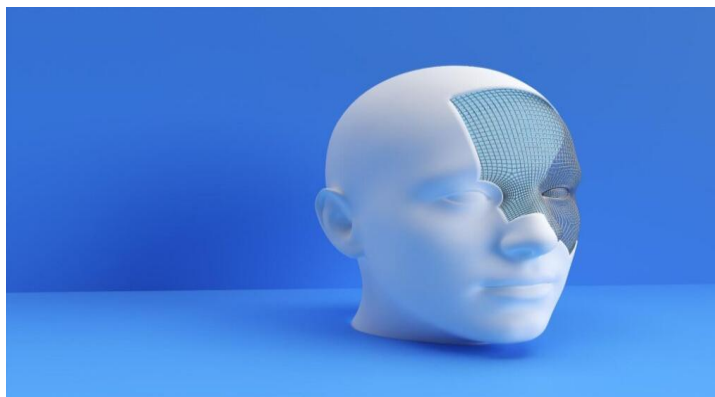
Los vértices se unen mediante aristas (segmentos rectilíneos o curvos) que delimitan superficies poligonales. La agrupación de estos polígonos genera una estructura reticular que define volumétricamente el componente para su representación visual.

Esta metodología permite construir cualquier configuración geométrica con exactitud dimensional, abarcando desde elementos básicos hasta morfologías de elevada complejidad (EBAC, 2023).

La figura 11 demuestra la calidad de captación de modelos de piezas, curvaturas, detalles precisos en la cual se observa la cantidad de nodos que permiten realizar la unión de superficies.

Figure 11

Posprocesamiento 3D



Nota. Rostro pos procesado. Tomado de (EBAC, 2023).

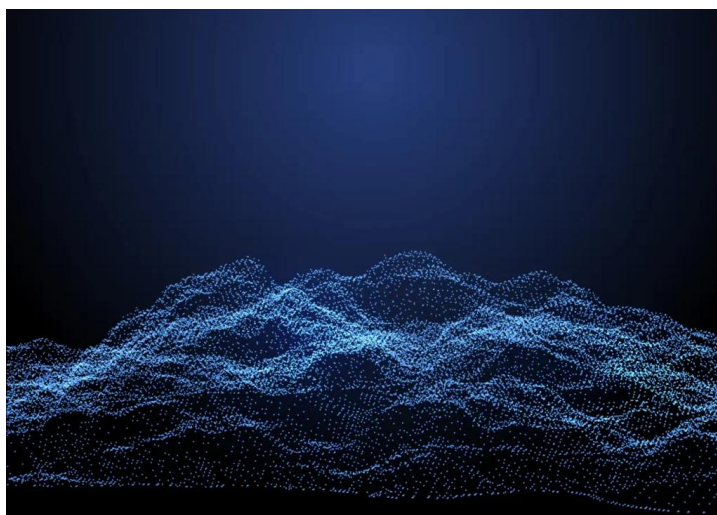
Nubes de puntos

Una nube de puntos consiste en un conjunto de coordenadas distribuidas en un espacio tridimensional. Cada punto dentro de esta nube posee información diversa, como su ubicación en los ejes X, Y y Z, así como propiedades adicionales como color e intensidad luminosa (AUTODESK, s.f).

Las nubes de puntos se crean mediante escaneo 3D, usando tecnologías como LiDAR o luz estructurada, estos sistemas capturan la posición y características de superficies mediante la reflexión de rayos láser. Los modelos 3D obtenidos son altamente precisos y detallados. En manufactura, facilitan el diseño y optimización de productos a gran escala.

Figure 12

Nube de puntos



Nota. En la figura 12 se visualiza una nube de puntos el cual cumplirá un papel esencial al momento de modelar el objeto en 3D. Representa las coordenadas de puntos en espacios tridimensionales. Tomado de (aBIM, 2023).

Tipos de posprocesamientos 3D

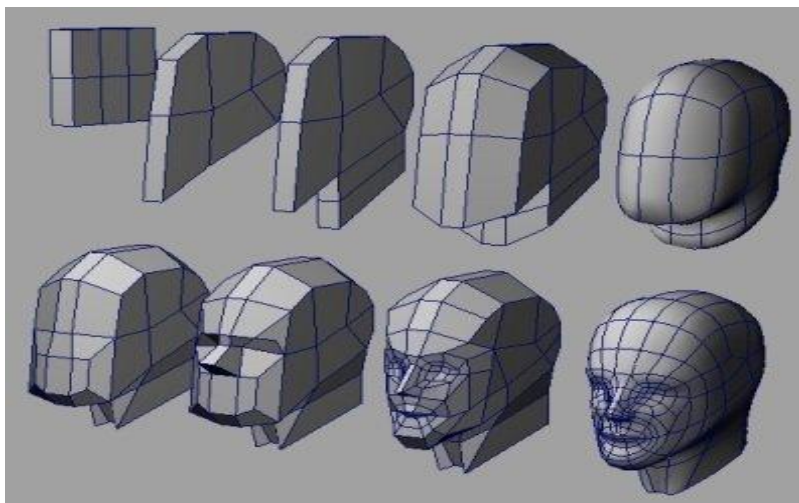
Existen diferentes tipos de modelado 3D los cuales van a depender del uso o la necesidad que se necesita ante la industria.

Los más usados son:

Modelado de cajas

Este método corresponde al modelado poligonal, donde el diseñador parte de una figura geométrica básica como un cubo, cilindro o esfera y la transforma progresivamente hasta obtener la forma final. El proceso inicia con un modelo de baja resolución que se va perfeccionando gradualmente. Posteriormente, la malla se subdivide para suavizar los bordes y añadir los detalles necesarios. Este ciclo de ajuste y subdivisión se repite hasta alcanzar el nivel de detalle deseado en la estructura poligonal. Es una de las técnicas más utilizadas en el modelado 3D y está presente en la mayoría de los programas especializados (osmanassem, 2020).

Se presenta la metodología de modelado poligonal inicial en la figura 13, que transforma una primitiva geométrica básica en una geometría orgánica compleja. El proceso prioriza el establecimiento de una topología limpia y consistente (basada en quads) y el flujo estratégico de líneas de arista, elementos esenciales que aseguran la correcta deformación y articulación del modelo durante el proceso de animación.

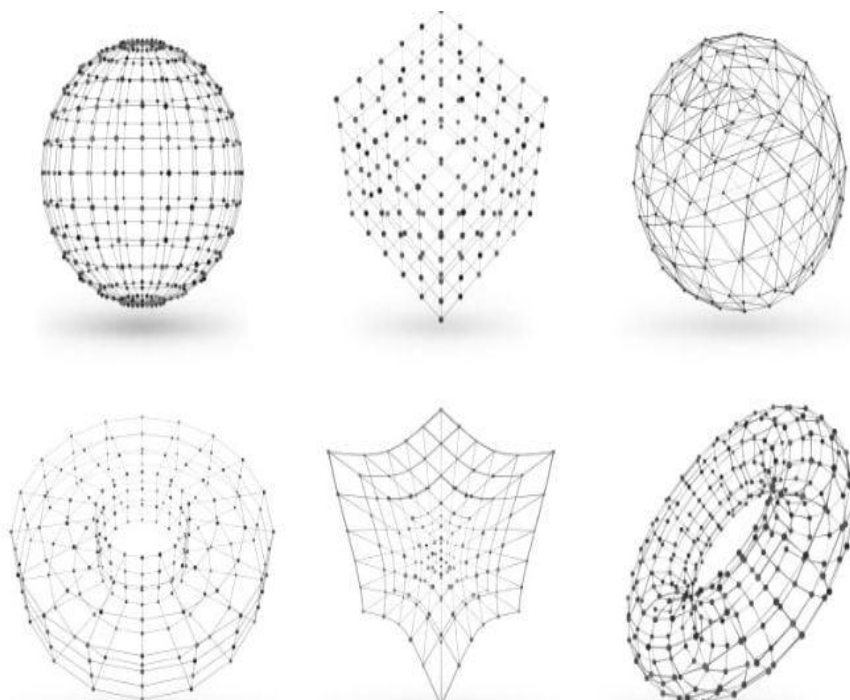
Figure 13*Modelado de Caja*

Nota. En la siguiente figura se observa el procedimiento hasta obtener el contorno de la pieza deseada. Tomado de (osmanassem, 2020).

Modelado de Polígonos

En este tipo de modelado, el proceso comienza a partir de un único vértice o una figura plana, y el objeto se va formando de manera progresiva, añadiendo cada parte de forma individual. Aunque este método permite obtener modelos con un nivel de detalle más alto, requiere un manejo más preciso de los bordes y vértices. Al igual que en el modelado poligonal tradicional, se generan superficies definidas, pero en este caso el resultado final presenta formas más naturales y orgánicas (EBAC, 2023).

En la figura 14 se observa el concepto de malla de alambre, una representación fundamental en la geometría computacional. Esta estructura se define por la interconexión de vértices y aristas, permitiendo el análisis directo de la topología y la densidad poligonal de la superficie tridimensional, aspectos cruciales para la manipulación y optimización del modelo.

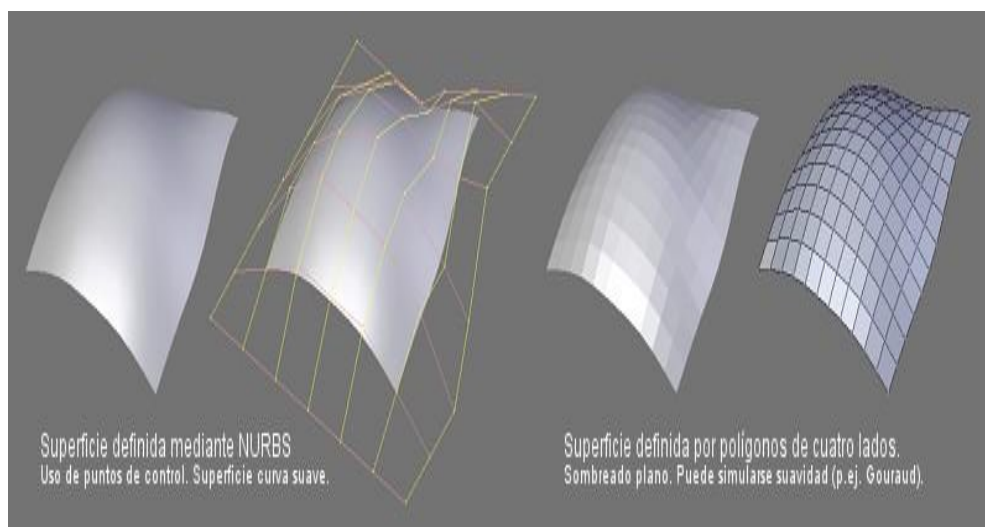
Figure 14*Modelado de Poligonos*

Nota. Mallados de alambre. Tomado de (S, 2025).

Modelado de curva

Se basa en la creación de una superficie tridimensional conocida como NURBS. A través de la modificación de sus puntos de control, es posible producir curvas suaves y geometrías complejas. Gracias a su flexibilidad y precisión, este tipo de modelado se utiliza ampliamente en el diseño de productos dentro de diversas industrias (Blender 3D, s.f).

En la figura 15 se distingue la modelización paramétrica (NURBS), que utiliza el control matemático para la precisión geométrica, de la representación poligonal discreta. Aunque NURBS es clave en ingeniería, la malla de cuadrángulos es el formato operativo estándar para la animación y el renderizado.

Figure 15*Modelado de curvas 3D*

Nota. Tomado de (Blender 3D, s.f).

Modelado (NURBS)

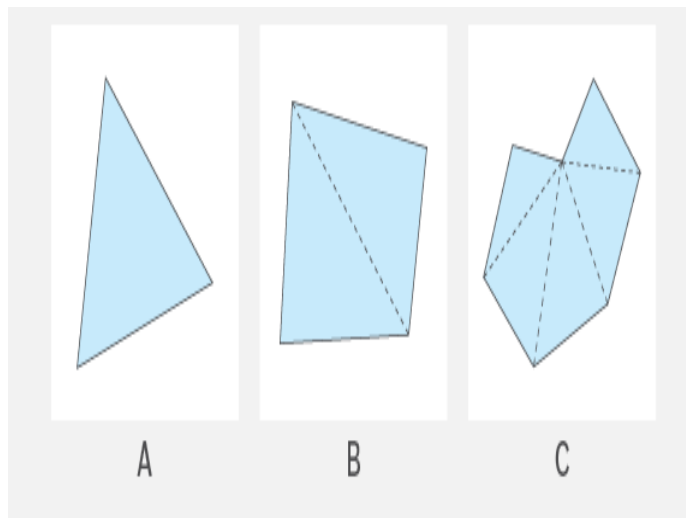
Las NURBS (Non-Uniform Rational B-spline) constituyen una metodología alternativa de representación geométrica tridimensional. Este tipo de modelado genera trayectorias curvilíneas con mayor continuidad y suavidad comparado con los modelos poligonales, los cuales se construyen únicamente mediante segmentos lineales rectilíneos (aristas). No obstante, la representación mediante NURBS presenta mayor complejidad matemática y demanda recursos computacionales superiores; su implementación se justifica principalmente en aplicaciones donde los modelos poligonales convencionales no proporcionan la precisión geométrica requerida.

Una tercera categoría de representación tridimensional corresponde a los modelos de superficie de subdivisión. Esta técnica híbrida integra principios de modelado poligonal y NURBS para desarrollar representaciones geométricas detalladas de objetos tridimensionales que requieren superficies con alta continuidad y ausencia de discontinuidades visuales (Awat, 2024).

. En la siguiente figura 16 se observa los triángulos de malla que se utilizan, tanto como cuadriláteros los cuales están conformados por cuatro lados compuestos de dos triángulos y los n-gonos los cuales cuentan con más de cuatro lados,

Figure 16

Modelado NURBS



Nota. Tomado de (Awat, 2024).

Modelo Johnson-Cook para el comportamiento de materiales plásticos

La formulación matemática elegida para representar el material plástico del que están hechas la mayoría de las piezas del rack es la de Johnson-Cook. Esta ley se utiliza para describir el comportamiento de materiales elasto-plásticos, es decir, materiales que se comportan de manera elástica y lineal cuando el esfuerzo aplicado es menor que su límite elástico, y que, al superar ese límite, pasan a comportarse de forma plástica. La ley de Johnson-Cook se basa en la siguiente expresión matemática según: (Martín, 2025).

Ecuación 1

Ley de Johnson-Cook

$$\sigma = (a + b\varepsilon p^n)(1 + c1n \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0})(1 - T^m)$$

Donde:

σ = Esfuerzo.

εp = Deformación plástica.

a = Límite elástico

b = Módulo de endurecimiento

n = Exponente de endurecimiento

c = Coeficiente velocidad de deformación

$\dot{\varepsilon}$ = Velocidad de deformación

$\dot{\varepsilon}_0$ = Velocidad de deformación de referencia

m = Exponente de temperatura

Ingeniería inversa

Es el proceso por el cual se lleva a cabo un análisis, pruebas de reconstrucción y mediciones o fabricación de una pieza manteniendo el diseño original con todos sus detalles y características (González F. S., 2024).

Aplicaciones de la Ingeniería Inversa en el Sector Automotriz

La reconstrucción digital de componentes mediante ingeniería inversa resulta esencial cuando existe ausencia de información técnica documentada, incluyendo planos de fabricación, modelos tridimensionales CAD o especificaciones de diseño originales. Este proceso cobra especial relevancia cuando los datos de ingeniería permanecen únicamente en formato físico obsoleto.

En el ámbito industrial, la reconstrucción de componentes por ingeniería inversa se implementa frecuentemente para solventar la discontinuidad de suministro de refacciones del fabricante original (OEM), situación que surge tanto por la discontinuación de líneas de producción. Adicionalmente, esta metodología se emplea estratégicamente para la optimización de conjuntos mecánicos orientados a manufactura eficiente, así como para la incorporación de mejoras funcionales y actualizaciones tecnológicas en productos existentes.

Los ingenieros de manufactura aplican técnicas de digitalización inversa para analizar modos de falla en componentes críticos y para estandarizar la producción de piezas originalmente fabricadas mediante procesos artesanales o semi-artesanales (CreaForm, 2021).

A continuación, se presenta un escaneo de un componente mecánico sometido a la digitalización lo que hace referencia a la ingeniería inversa en la figura 17.

Figure 17

Ingeniería Inversa



Nota. En la figura 17 se observa como es el escaneo de una pieza mediante ingeniería inversa, el cual toma datos tridimensionalmente. Tomado de (CreaForm, 2021).

Beneficios de la ingeniería inversa

- Rapidez en el diseño de un producto.
- Reducción de costos y tiempos de fabricación.
- Fabricación de piezas y productos compatibles.
- Diseñar piezas de repuestos compatibles, sin la necesidad de adquirir de terceros.
- Mantenimiento proactivo de componentes críticos (Tecniplant, 2023).

Funcionamiento del escáner 3D

Los sistemas de digitalización 3D adquieren la morfología de componentes físicos mediante emisión láser o proyección de patrones luminosos estructurados, obteniendo representaciones digitales dimensionalmente exactas.

Secuencia del proceso de digitalización:

- Adquisición de coordenadas espaciales generando conjuntos de datos puntuales (point cloud).
- Filtrado y refinamiento del dataset capturado eliminando ruido e información redundante.
- Construcción de geometría superficial mediante triangulación de malla polygonal.
- Conversión a formatos de intercambio estándar (STL, OBJ) compatibles con plataformas CAD y manufactura aditiva.

Aplicaciones estratégicas

Esta tecnología habilita el trabajo con gemelos digitales de alta fidelidad dimensional, optimizando procesos de reconstrucción ingenieril y producción customizada.

Resulta particularmente valiosa para catalogar componentes obsoletos o únicos carentes de documentación técnica, con aplicación directa en rehabilitación de equipamiento industrial y preservación de activos patrimoniales.

Las representaciones virtuales obtenidas permiten ejecutar validaciones de ensamble y análisis de manufactura sin consumo de material físico, minimizando costos de prototipo y reduciendo iteraciones de diseño previo a la producción seriada (AGSA TECH DE MEXICO, 2025).

Escáner 3D más utilizados en la manufactura

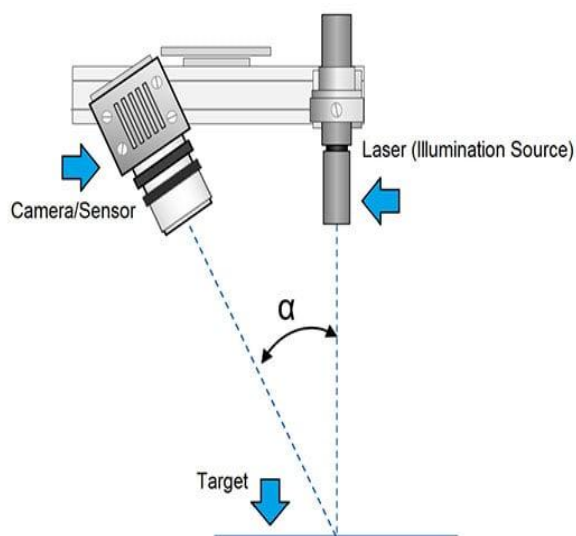
Escáner de luz estructurada

Alta velocidad de captura con resolución superior, ideal para inspección dimensional y geometrías complejas en entornos industriales.

En la siguiente figura se observa su funcionamiento:

Figure 18

Escáner 3D de luz estructurada



Nota. Triangulación laser que se debe manejar para una correcta obtención de piezas escaneadas. Tomado de (C, 2020).

Escáner láser 3D

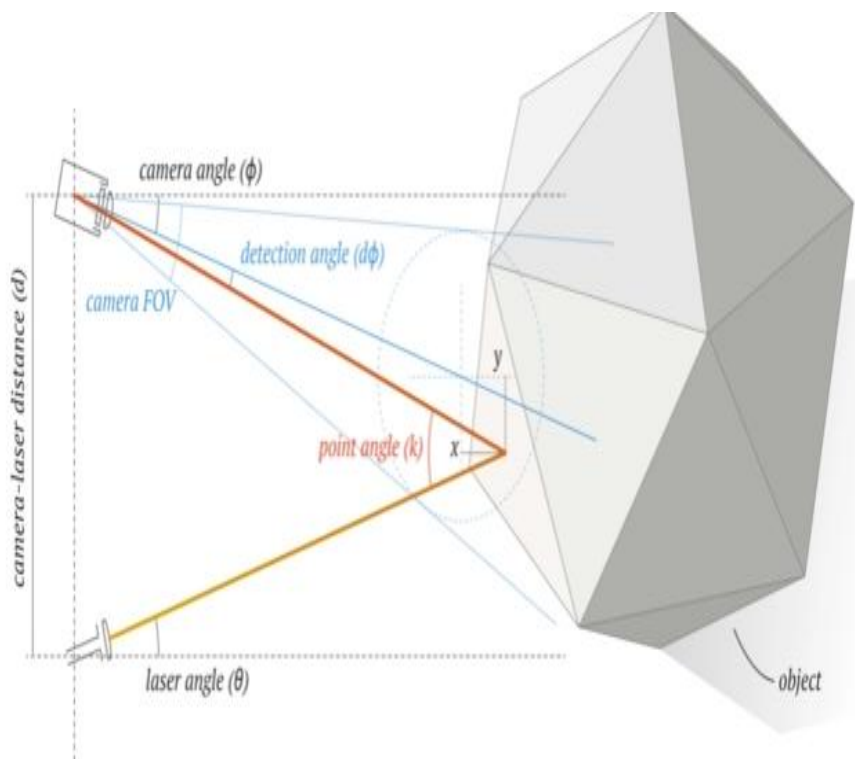
Digitalizan componentes mediante emisión de haz láser concentrado. Ofrecen exactitud dimensional superior en elementos de escala reducida y morfología compleja.

Aplicación crítica en sectores aeroespacial y dispositivos médicos, donde tolerancias micrométricas determinan funcionalidad. Permiten replicación precisa de implantes quirúrgicos, componentes de válvulas aeronáuticas y elementos electrónicos, donde desviaciones mínimas comprometen el desempeño (Koneva, 2025).

En la figura 19 representa la emisión que recibirá el escáner al momento de realizar el escaneo en la pieza.

Figure 19

Escáner láser 3D



Nota. En la figura anterior se observa la exactitud de las mediciones realizadas, su precisión con la que la cámara mide los ángulos de detección. Tomado de (Koneva, 2025).

Escáner con rastreador óptico

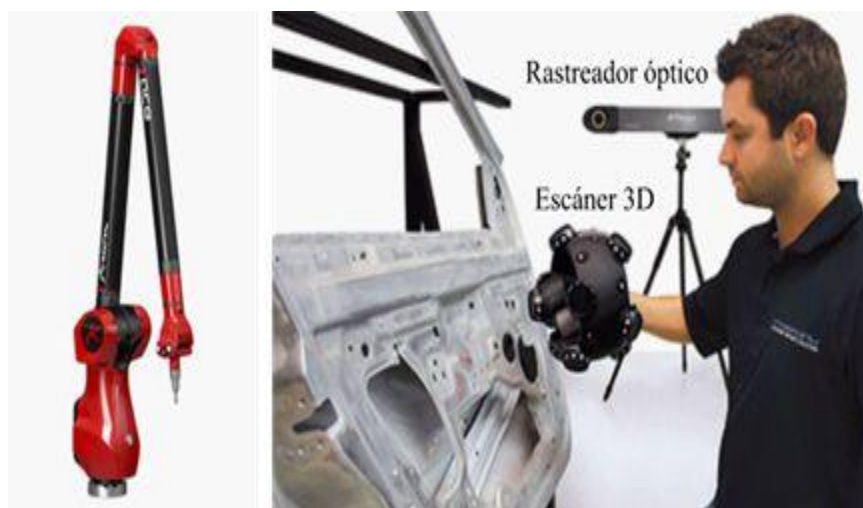
Proporcionan movilidad operativa manteniendo exactitud dimensional. Aplicación extensiva en industrias aeronáutica y automotriz.

Mediante sincronización con sistemas de rastreo óptico, digitalizan componentes de gran escala o configuraciones geométricas complejas desde múltiples posiciones sin degradación de resolución (Menéndez, 2021).

En la figura 20 se aprecia el manejo correcto del escaneo de piezas tanto de la rama automotriz con Scanner de alta tecnología que pueden captar los más mínimos detalles.

Figure 20

Escáner con rastreador óptico



Nota. Escaneo de puerta de vehículo. Tomado de (Menéndez, 2021).

Software de reconstrucción y modelado

Existen diversos softwares de modelado 3D, los cuales permiten obtener un mejor acabado de la pieza.

Entre los mejores softwares están:

- Autodesk maya / Geomagic Desing / Z Brush / Artec Studio

Geomagic Reformé

Plataforma de modelado 3D Systems (distribuida por Oqton) especializada en geometrías orgánicas mediante flujo híbrido que integra escultura digital con interfaces táctiles simulando manipulación táctil del material plástico.

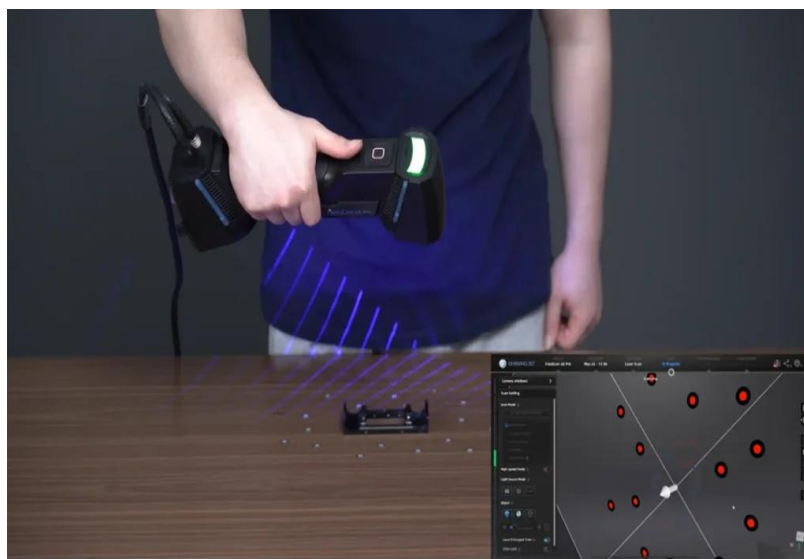
Capacidades principales: procesamiento de datos CAD y nubes de puntos escaneadas, generación de superficies NURBS, preparación para manufactura aditiva y tooling de moldes.

Incluye módulos de restauración de geometría, ingeniería de moldes y análisis morfológico. Aplicación en desarrollo de producto, dispositivos médicos y CGI (Golubeva, 2024).

En la figura 21 aparece como es el proceso de escaneado de piezas tanto con el equipo como el software en el cual se ven reflejado una nube de puntos las cuales se debe procesar para obtener el contorno de la pieza apropiado,

Figure 21

Escaneo de piezas y pos procesado en Geomagic Desing



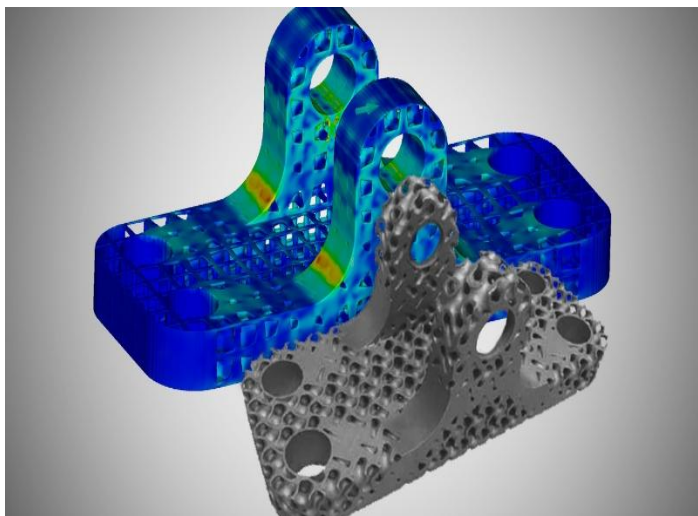
Nota. Escaneado y nube de puntos. Tomado de (DANTZEL, 2023).

Manufactura Aditiva

Tecnología enfocada en la impresión 3D, que permite fabricar objetos tridimensionales a partir de modelos digitales creados en software CAD especializados. Esta técnica ha transformado la producción de piezas y componentes personalizados, ya que posibilita construir objetos capa por capa utilizando materiales como filamentos o resinas. Su aplicación reduce costos al reemplazar metales por plásticos en piezas pequeñas y facilita la fabricación bajo demanda, evitando el almacenamiento innecesario. Entre sus principales ventajas se encuentran la libertad de diseño, que permite crear geometrías complejas sin elevar los costos; la personalización, que adapta los productos a las necesidades del usuario; y la eficiencia en pequeñas escalas, ya que no requiere producir grandes volúmenes para ser rentable (Alejandro Gutiérrez Cedillo, 2024).

Figure 22

Manufactura aditiva



Nota. Tomado de (ESSS, 2019)

Impresión 3D en la Industria Automotriz

La impresión 3D, también conocida como fabricación aditiva, es una forma moderna de producir objetos físicos a partir de diseños digitales. Lo que hace esta tecnología es transformar un

archivo creado en un programa de diseño asistido por computadora (CAD) en un objeto real, construyéndolo capa por capa. Dependiendo del uso, se pueden emplear distintos materiales como plásticos, metales, cera o compuestos.

Todo el procedimiento está automatizado y controlado por un sistema computarizado, lo que permite que sea un método bastante preciso, ágil y con costos relativamente bajos. Actualmente, la impresión 3D se ha vuelto muy popular en distintos campos, ya que se utiliza no solo para hacer prototipos o herramientas, sino también para fabricar piezas que se pueden usar directamente (Impresión 3D en el sector del automóvil, 2022).

La impresión 3D ha traído grandes beneficios a la industria automotriz. Entre sus principales aportes destacan:

- ✓ Aceleración en el desarrollo de diseños
- ✓ fabricación de componentes más livianos pero resistentes.
- ✓ posibilidad de unir en una sola pieza lo que antes requería múltiples partes.
- ✓ Permite reducir el desperdicio de materiales
- ✓ Acortar los tiempos de lanzamiento al mercado
- ✓ Mejorar la gestión del inventario
- ✓ Facilitar la personalización de los vehículos según los gustos del cliente.

Este sector es uno de los mayores usuarios de impresión 3D, solo por detrás del ámbito aeroespacial. Y es lógico: ambas industrias comparten metas similares, como optimizar el rendimiento y la eficiencia del combustible, mientras buscan aligerar el peso de sus productos.

Gracias a su capacidad para crear piezas livianas sin sacrificar resistencia he incluso superando la de los métodos tradicionales en algunos casos, la impresión 3D se presenta como una

herramienta clave para cumplir con esos objetivos de innovación y eficiencia en el mundo automotor (Impresión 3D en el sector del automóvil, 2022).

Los diseños tridimensionales que se crean en la computadora se transforman en objetos reales mediante impresoras 3D que utilizan materiales especiales conocidos como filamentos. Estos filamentos pueden estar compuestos de plástico, metal, vidrio, papel, e incluso de madera u otros materiales de origen orgánico. Durante el proceso de impresión, el material se va depositando poco a poco, capa por capa, lo que da origen al nombre de "manufactura aditiva" (Flores, 2020).

La impresión 3D, tal como la conocemos hoy, comenzó a tomar forma en 1986. Ese año se registró la primera patente relacionada con la estereolitografía, tecnología desarrollada por Charles Hull. Él fue quien creó la primera impresora 3D capaz de fabricar un objeto físico a partir de un modelo digital.

Además de su invención, Hull también fue parte fundamental en la fundación de la empresa DMT Inc., la cual, con el tiempo, fue adquirida por 3D Systems Corporation, una compañía que más adelante se consolidaría como una de las líderes en la industria de la impresión 3D (Flores, 2020).

Figure 23

Primera impresora 3D



Nota: Tomada de (Flores, 2020).

Fue en 1986 cuando Chuck Hull marcó un hito en la historia de la fabricación digital al desarrollar una nueva técnica llamada estereolitografía (SLA). Este proceso permite crear objetos en tres dimensiones construyéndolos capa por capa, usando un láser que solidifica una resina líquida al formar estructuras a partir de cadenas moleculares (Dormehl, 2021).

Impresora 3D

La fabricación por impresión 3D, es un conjunto de tecnologías que permite obtener un objeto tridimensional a través de la superposición de capas sucesivas de un material determinado. Un proceso en el cual los objetos físicos son creados al colocar material en capas a partir de un modelo digital (Adeva, 2025).

Por tanto, un proceso que produce un objeto tridimensional partiendo de un modelo digital, de un diseño virtual, a través de una impresora 3D, que puede trabajar con varios tipos de tecnologías y materiales, para ir desprendiendo láminas de materia que se superponen hasta conseguir una correcta réplica (Adeva, 2025).

Figure 24

Impresora 3D



Nota. Tomado de (Muñoz, 2023).

Tecnología FDM

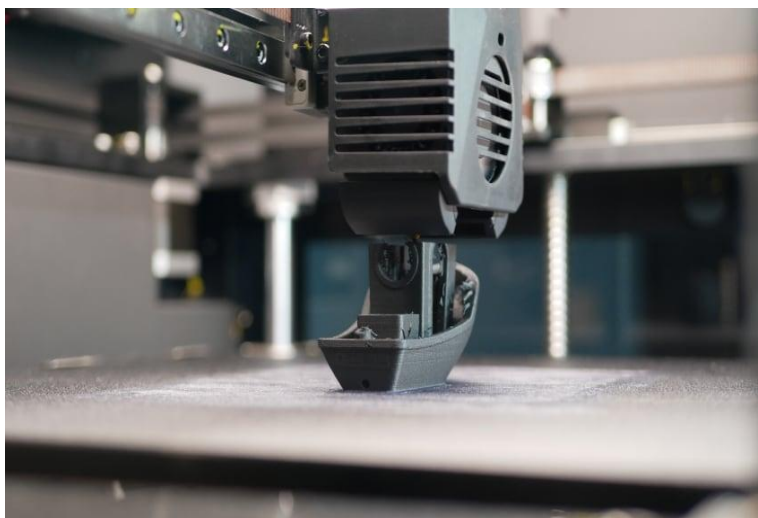
Una de las tecnologías más comunes en impresión 3D es el modelado por deposición fundida (FDM), conocido coloquialmente como fabricación con filamento fundido (FFF).

La impresión tridimensional FDM fue concebida y patentada por Scott Crump, en 1989, y comercializada en 1990 bajo la compañía creada por el mismo, Stratasys, situada en EE.UU. Además, como marca registrada, FDM no podía ser usado por nadie más que Stratasys. Por lo tanto, cuando en 2005 Adrián Bowyer y su equipo pusieron en marcha el movimiento RepRap acuñaron el acrónimo FFF.

De esta manera se destaca el uso de filamento, mientras que las primeras impresoras FDM de Stratasys usaban el material en gránulos o pellets. Estas dos siglas se refieren exactamente al mismo proceso de fabricación aditiva (S., 2023).

Figure 25

Impresión capa por capa



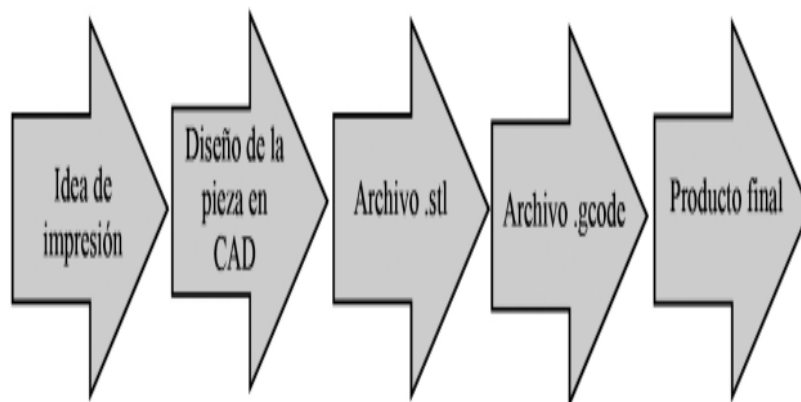
Nota. Impresión capa sobre capa. Tomado de (S., 2023)

Etapas en la impresión 3D por FDM

El proceso de impresión 3D por deposición fundida (FDM) inicia con el diseño digital del objeto a fabricar mediante un programa de diseño asistido por computadora (CAD), como Autodesk Inventor, FreeCAD o Tinkercad, generando un archivo en formato .stl. Este archivo se introduce en un software de laminado o corte, por ejemplo, Cura o Slic3r, el cual convierte el modelo en un conjunto de instrucciones que la impresora puede interpretar, conocidas como .gcode. Durante esta fase se establecen los parámetros técnicos necesarios para la impresión, tales como la temperatura del extrusor, la velocidad, el espesor de capa y el diámetro del filamento. Una vez configurado todo, la impresora ejecuta el archivo .gcode, construyendo la pieza tridimensional capa por capa conforme al diseño original (Aroca, 2021).

Diagrama 1

Etapas de impresión 3D



Nota. En el diagrama se refleja las distintas etapas que debe seguir una pieza CAD, tanto el tipo de archivo que se necesita para las diferentes etapas hasta llegar al final el cual será su impresión 3D. Tomado de (Aroca, 2021).

Métodos de extrusión

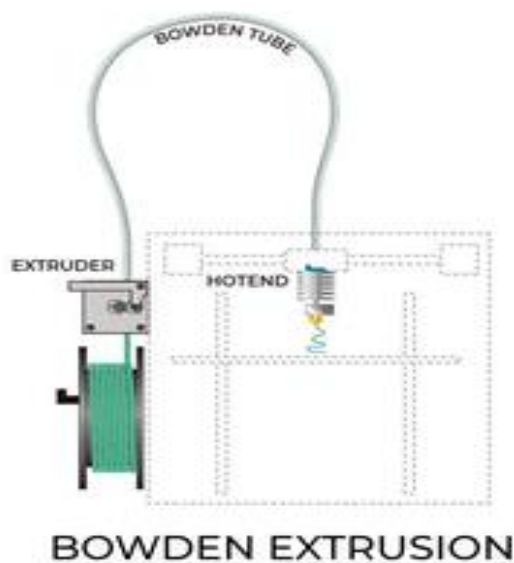
Bowden extrusión:

El material es guiado a través de un tubo bowden desde el extrusor hasta el hotend. Esta disposición es bastante liviana, pues el cabezal de impresión sólo carga el hotend y no el extrusor, que se posiciona en una distancia (S., 2023).

La Figura 26 presenta el sistema Bowden usado en impresión 3D FFF. El motor extrusor se ubica alejado del cabezal, enviando el filamento mediante un tubo flexible de PTFE hasta la zona de fusión. Esta configuración reduce el peso del cabezal móvil, permitiendo mayor velocidad y aceleración durante la impresión comparado con sistemas de extrusión directa,

Figure 26

Bowden Extrusion



Nota. Tomado de (S., 2023).

Accionamiento directo

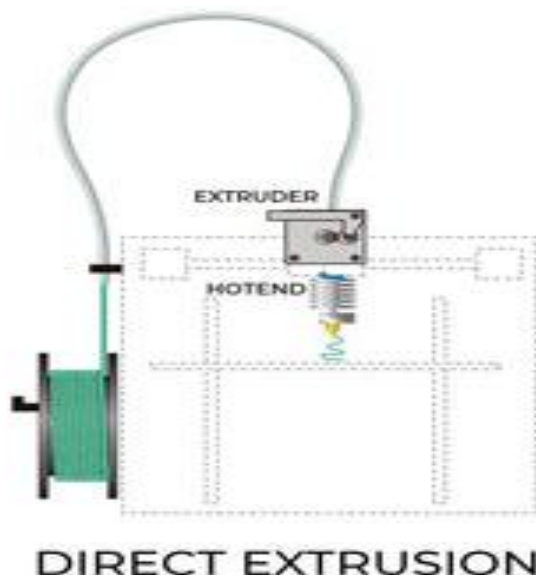
Quiere decir que el motor está conectado directamente a la carga, sin usar engranajes u otros mecanismos intermedios. Los motores lineales son el ejemplo más habitual de este tipo de transmisión directa, aunque los motores rotativos también pueden montarse de esta manera.

En este procedimiento el extrusor se ubica por encima del hotend, y el material descende directamente para fundirse. Esta configuración funciona especialmente bien en filamentos flexibles y extrusiones bastante precisas debido a que al no existir tubo Bowden, la fricción que se le hace al filamento es muy baja y el encordado o stringing se evita (S., 2023).

La figura 27 indica que no se necesita un tubo largo por lo que el motor se encuentra accionado con el hot-end.

Figure 27

Extrusión directa



Nota. Tomado de (S., 2023).

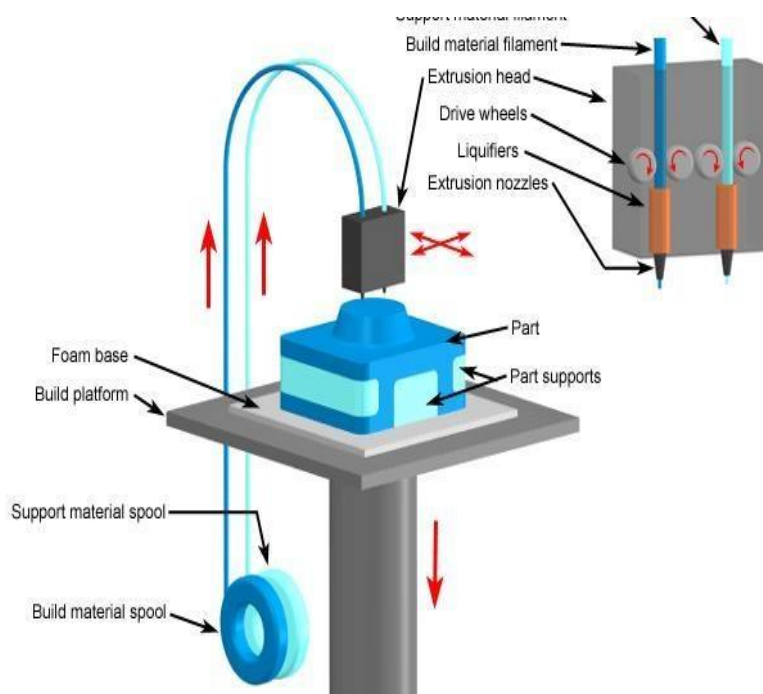
Modelado por deposito fundido (FDM)

En 1989, Scott Crump inventó la técnica FDM, que funde y deposita filamento plástico en capas para crear objetos 3D. La idea nació tras un intento fallido de fabricar un juguete casero. Posteriormente, fundó Stratasys, una de las compañías más reconocidas en impresión 3D (Dormehl, 2021).

(FDM) es un proceso de impresión 3D basado en la extrusión de filamentos termoplásticos calentados, que se depositan de forma controlada para construir una pieza capa por capa. Este método se emplea ampliamente en el sector automotriz porque permite fabricar prototipos funcionales y componentes ligeros con materiales alternativos, evaluando su desempeño mecánico antes de su aplicación real. Gracias a su precisión y versatilidad, el FDM facilita el diseño, la optimización y la experimentación con nuevos compuestos sin necesidad de recurrir a moldes o procesos de producción complejos (Peralta-Zurita, Ferrándiz-Bou, Cobos, & Guachamin, 2024).

Figure 28

Deposito fundido



Nota: Fabrica piezas capa por capa mediante hebras termoplásticas extruidas. Tomado de (Dormehl, 2021).

Análisis de patrones de relleno

Durante la investigación se examinaron múltiples geometrías de relleno producidas mediante manufactura aditiva FDM (Fabricación por Deposición de Filamento Fundido),

buscando establecer la relación entre la arquitectura interna de los componentes y su desempeño mecánico, así como la eficiencia productiva. Se implementaron patrones con diferentes topologías internas: reticulados ortogonales, estructuras poligonales, bandas en disposición angular, anillos concéntricos y configuraciones rómbicas, cada uno con espaciamientos y dimensiones particulares que generan distintas distribuciones de masa.

La resistencia a esfuerzos de tracción, la masa del espécimen y el ciclo temporal de fabricación, estableció la correlación entre la tipología del patrón interior y la respuesta estructural del polímero. Los ensayos mecánicos se ejecutaron siguiendo el protocolo ASTM D638 – 14, asegurando validez en los datos experimentales recopilados. Con la información obtenida se examinaron variables como la capacidad de soportar cargas antes de la deformación plástica, el volumen de material empleado en función del tiempo productivo, y el índice resistencia-masa, identificando qué configuración proporciona la combinación óptima entre bajo peso y alta rigidez estructural.

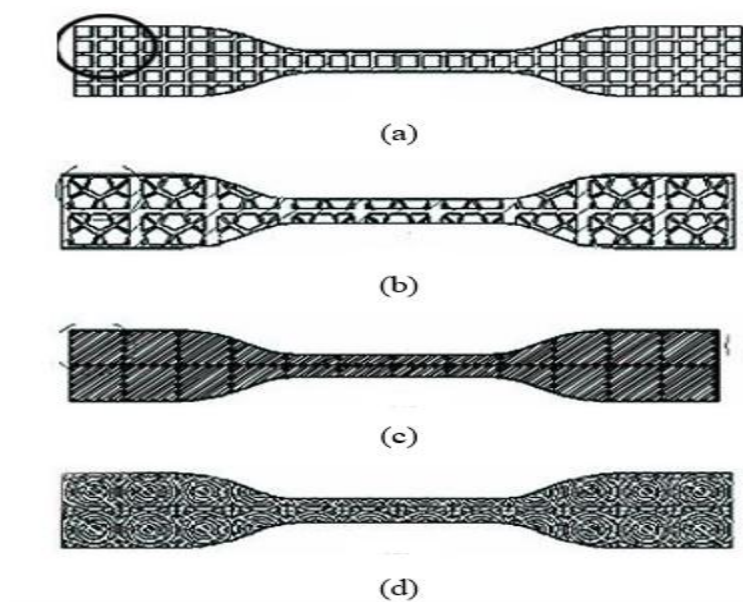
Este enfoque metodológico permite comprender cómo la estructuración interna del relleno impacta directamente sobre las características mecánicas de elementos manufacturados por FDM. De esta manera, se posibilita la optimización del diseño de la arquitectura interna, minimizando el uso de material manteniendo integridad estructural, aspecto crucial en implementaciones del sector automotriz donde tanto la disminución de masa como el rendimiento mecánico constituyen variables críticas de diseño (Molina-Osejos, 2019).

En la figura 29 se aprecia patrones de relleno empleados en las probetas elaboradas por impresión 3D con tecnología FDM. Se muestran distintas configuraciones internas cuadrada, poligonal, diagonal y concéntrica creadas con el propósito de analizar la influencia de la estructura

interna en la resistencia, el peso y el aprovechamiento del material durante el proceso de fabricación,

Figure 29

Patrones de relleno internos para las muestras semirrígidas



Nota. Tomado de (Molina-Osejos, 2019).

Análisis de elementos finitos (FEA)

(FEA) es una herramienta computacional empleada para predecir la respuesta de estructuras y componentes ante diferentes condiciones físicas, como esfuerzos, temperatura o vibraciones. Este método divide los cuerpos complejos en pequeños elementos interconectados y aplica modelos matemáticos que reproducen su comportamiento real bajo diversas situaciones. Gracias a ello, los ingenieros pueden evaluar el desempeño estructural, verificar la seguridad y optimizar diseños sin necesidad de fabricar prototipos costosos. Por su precisión y eficiencia, el FEA es fundamental en campos como la ingeniería automotriz, civil y aeroespacial, garantizando el cumplimiento de altos estándares de calidad y funcionamiento antes de la producción (Shumak, 2022).

FEA en la industria Automotriz

Desempeña un papel esencial en el sector automotriz, ya que permite evaluar la resistencia, durabilidad y seguridad de los distintos componentes del vehículo. Mediante simulaciones de impacto, fatiga y efectos térmicos, los ingenieros pueden optimizar el diseño de estructuras como el chasis o las cubiertas de baterías, asegurando un desempeño confiable y seguro bajo diversas condiciones de operación.

Existen distintos tipos de análisis que se aplican en el diseño mecánico:

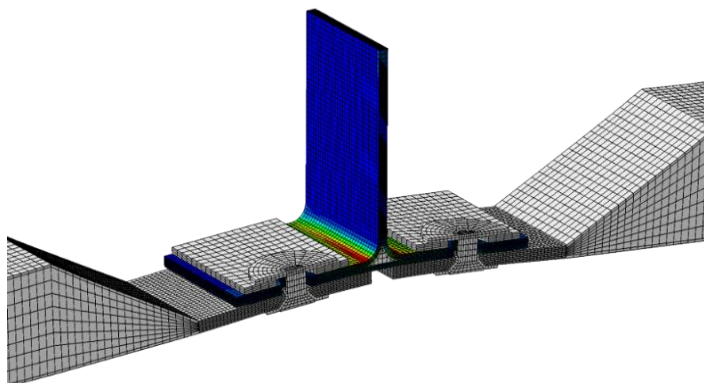
Análisis estático

Se utiliza para determinar los desplazamientos, esfuerzos y deformaciones de uno o varios cuerpos sólidos bajo cargas constantes en el tiempo. Los resultados obtenidos dependen directamente de las condiciones de contorno y de las fuerzas aplicadas, como apoyos, peso propio o cargas externas (SIMSCALE , 2025).

En la figura 30 se observa un análisis estructural la cual permite realizar cálculos de simulaciones por elementos finitos, indica el grado de fatiga en la parte inferior de la placa, el color rojo que representa el punto donde se concentra el mayor grado de esfuerzo.

Figure 30

Análisis Estático



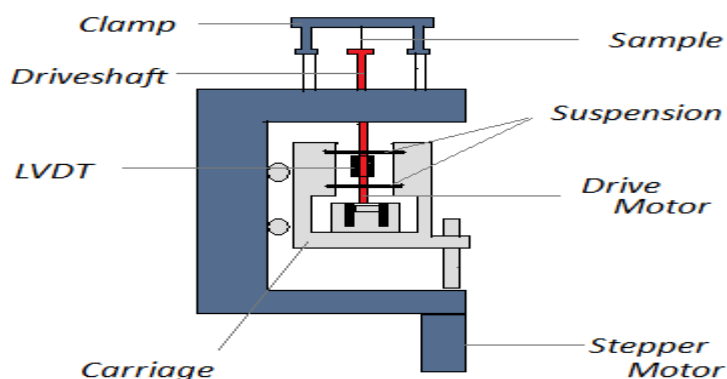
Nota. Tomado de (ICEMM, s.f).

Análisis Dinámico

(DMA) es una técnica empleada para evaluar las propiedades mecánicas de los materiales cuando son sometidos a una deformación bajo esfuerzos oscilatorios. Este método permite identificar el comportamiento visco elástico de polímeros, compuestos y otros materiales. Su importancia radica en que aporta información esencial sobre el desempeño y la respuesta mecánica de un material en distintas condiciones, lo que resulta clave en procesos de desarrollo, caracterización y control de calidad en la industria de los polímeros y materiales compuestos (Simon, 2024).

Figure 31

Analizador de Análisis dinámico



Nota. Se representa un dispositivo de ensayo mecánico dinámico diseñado para la caracterización material. El sistema ejecuta una carga controlada sobre la muestra mediante un motor de accionamiento, tomado de (Barron, 2025).

Análisis Modal

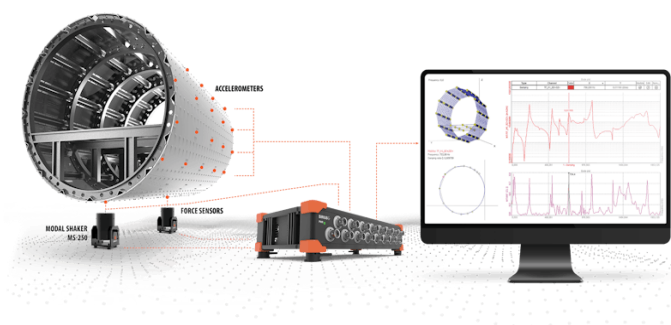
Es una técnica utilizada para identificar las propiedades dinámicas de estructuras o componentes con comportamiento elástico-lineal. Su propósito es determinar las frecuencias naturales, los modos de vibración y los coeficientes de amortiguamiento, parámetros que dependen de la masa, las condiciones de apoyo y la geometría de la estructura. Este estudio

puede realizarse mediante dos enfoques: uno teórico, basado en modelos analíticos o simulaciones por elementos finitos, y otro experimental, que incluye la excitación de la estructura, la medición de respuestas con acelerómetros, el procesamiento de datos y la interpretación de los modos de vibración (Peral, 2022).

La figura 32 muestra la metodología del análisis modal, cuya finalidad es identificar las propiedades modales estructurales. El proceso sugiere la excitación controlada de la estructura mediante un shaker y captura de la respuesta dinámica en diferentes ubicaciones utilizando acelerómetro,

Figure 32

Análisis Modal



Nota. Tomado de (Gjelstrup, 2025).

Existen algunos tipos de análisis que se usan a través de los elementos finitos entre los cuales se nombran los siguientes que se detallan a continuación siendo los más importantes:

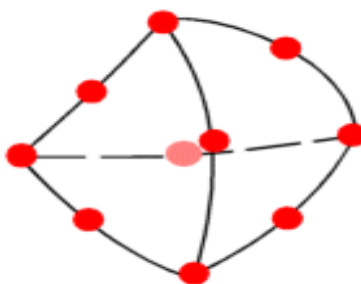
- Elementos tipo solido: se emplean para representar estructuras o componentes cuyo espesor es considerable en relación con sus demás dimensiones. Por lo general, estos elementos están conformados por 8 nodos, y cada uno de ellos posee tres grados de libertad asociados al desplazamiento en los ejes X, Y y Z (Félix Ramos, 2020).

A partir de estos elementos se desarrollan los elementos tetraédricos lineales y los tetraédricos parabólicos. Los primeros, clasificados como de primer orden, están conformados por 4 nodos localizados en las esquinas del elemento y conectados entre sí por medio de 6 aristas rectas.

- “Elementos sólidos tetraédricos parabólicos considerados de segundo orden o de orden superior. Estos elementos se componen por 4 nodos en las esquinas, 6 nodos a mitad de cara y 6 ejes parabólicos” (Félix Ramos, 2020).

Figure 33

Elemento sólido parabólico

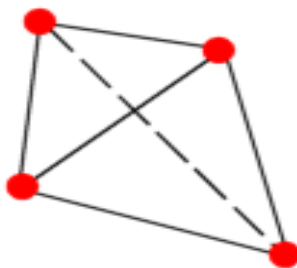


Nota. Tomado de (SYSTEMES, s.f)

- “Elemento Shell triangular lineal. Está definido por tres nodos en las esquinas conectados por tres ejes rectos. Mallado en (FEA)” (Félix Ramos, 2020).

Figure 34

Elemento Sólido lineal



Nota. Tomado de (SYSTEMES, s.f)

- “Elemento Shell triangular parabólico. Formado por tres nodos en las esquinas, tres nodos a mitad de cara y tres ejes parabólicos. Pueden soportar tanto cargas de membrana como de flexión, lo que los hace adecuados para el análisis de estructuras delgadas. En estudios estructurales, estos elementos presentan 6 grados de libertad 3 de traslación y 3 de rotación, mientras que en análisis térmicos cuentan con un único grado de libertad correspondiente a la temperatura” (Aroca, 2021).

Mallado en (FEA)

Constituye un proceso fundamental para garantizar la precisión en una simulación mediante el análisis por elementos finitos (FEA). Este proceso genera una malla formada por elementos conectados entre sí por nodos, los cuales definen la geometría del modelo en coordenadas espaciales. Dado que los solucionadores de FEA no pueden procesar fácilmente superficies irregulares, el mallado transforma dichas formas en volúmenes más simples y uniformes, denominados elementos, que facilitan el cálculo numérico (Ansys , 2021).

Tipos de mallados

Mallado Estructural

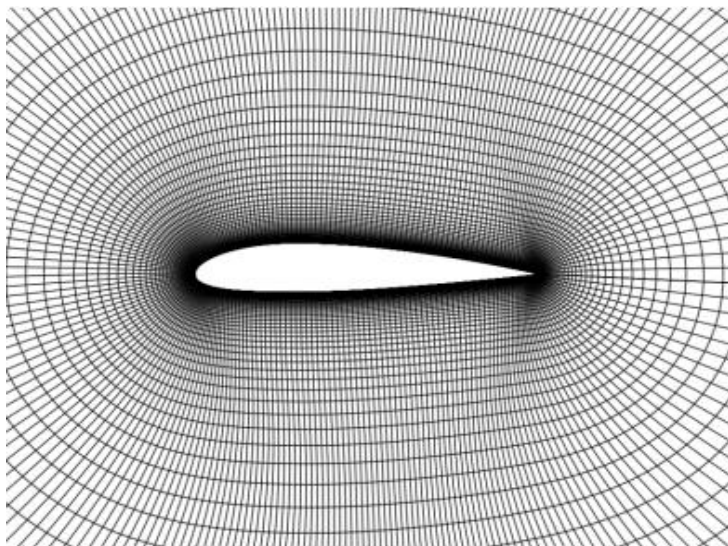
Se distingue por presentar una conectividad uniforme, que puede representarse como una matriz bidimensional o tridimensional. Este tipo de configuración limita el uso de elementos a cuadriláteros en 2D y a hexaedros en 3D. La regularidad en la conectividad facilita el aprovechamiento del espacio, ya que las relaciones entre nodos vecinos están determinadas por la organización del almacenamiento (González G. , s.f).

En la Figura 35 se muestra el dominio computacional estructurado desarrollado para analizar el flujo alrededor de un perfil. La discretización presenta elementos organizados que favorecen la eficiencia de los algoritmos numéricos en CFD. Se aprecia un refinamiento

significativo cerca de la superficie del objeto para capturar adecuadamente los gradientes de velocidad y efectos viscosos en la capa límite, mientras que hacia las zonas alejadas la malla se expande progresivamente, logrando un balance óptimo en precisión,

Figure 35

Mallado estructural



Nota. Mallado estructural cuadrático. Tomado de (González G. , s.f).

Malla no estructurada

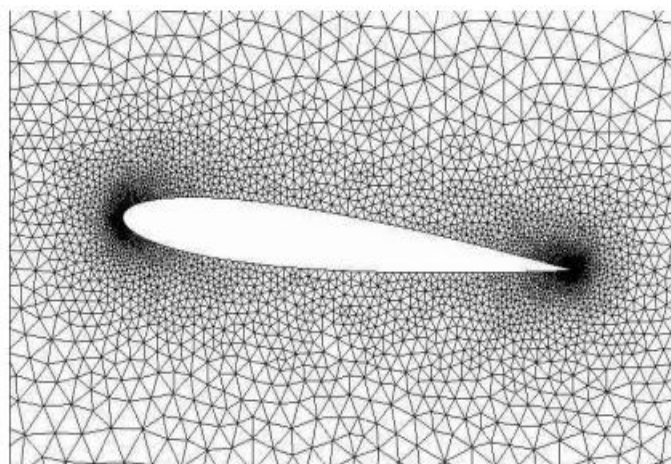
La malla no estructurada constituye una técnica de análisis numérico que emplea elementos poligonales de tamaño variable, permitiendo su ajuste eficiente a configuraciones geométricas complejas. Este proceso facilita la representación detallada de los dominios de cálculo, incrementando la fidelidad de los resultados obtenidos. Se implementa frecuentemente en simulaciones de fluidos computacionales y evaluación estructural en aplicaciones de ingeniería (Hulatt, 2024).

La Figura 36 presenta el dominio de cálculo no estructurado empleado para estudiar el comportamiento del flujo sobre un perfil. Este tipo de discretización utiliza elementos triangulares de tamaño variable, ofreciendo gran capacidad de adaptación a configuraciones

geométricas complejas. El mallado muestra un refinamiento considerable en zonas críticas como la capa límite y los bordes de entrada y salida, donde las variaciones de las propiedades del flujo son más intensas. Esta versatilidad permite obtener resultados precisos en las regiones de mayor interés mientras se optimizan los recursos computacionales en las áreas alejadas del cuerpo,

Figure 36

Malla no estructurada



Nota. Tomado de (González G. , s.f).

Malla Híbrida

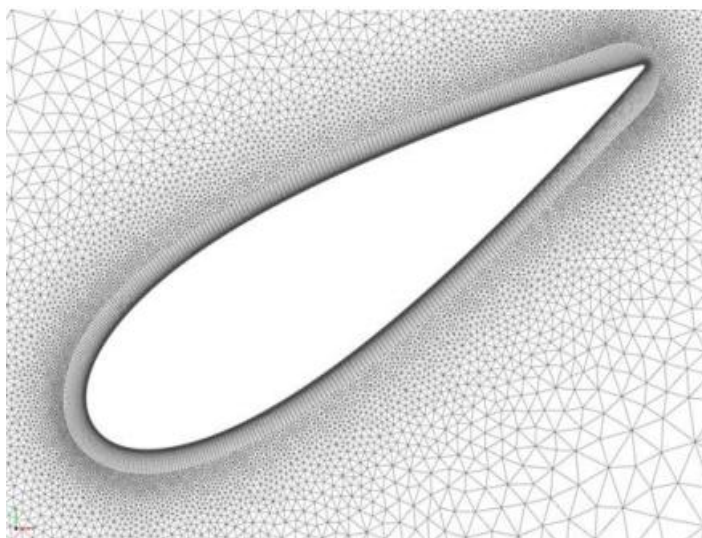
Combina zonas estructuradas con otras no estructuradas. Esta definición depende del conocimiento sobre la forma en que la malla se almacena y se utiliza. Existe cierta confusión entre los términos “híbrido” y “mixto”, aunque generalmente se considera que una malla mixta incluye elementos pertenecientes tanto a mallas estructuradas como a mallas no estructuradas, las cuales suelen almacenarse de forma independiente (Peral, 2022).

La Figura 37 presenta una discretización híbrida eficiente para análisis CFD aerodinámico. Esta metodología combina elementos triangulares no estructurados en zonas alejadas con celdas cuadrangulares estructuradas junto a la superficie del Aero perfil. La malla ordenada adyacente a la pared captura efectivamente las variaciones de velocidad y efectos

viscosos críticos, mientras que la región exterior optimiza los recursos computacionales, logrando un balance apropiado entre precisión y eficiencia.

Figure 37

Malla híbrida



Nota. Mallado híbrido combinación de mallados estructurales y no estructurales. (González G. , s.f).

¿Para qué tipo de geometría se utiliza cada tipo de mallado?

En el análisis por elementos finitos, la discretización de la geometría constituye una etapa fundamental, ya que de ella depende en gran medida la precisión y estabilidad de los resultados obtenidos. La selección del tipo de mallado debe realizarse considerando la complejidad geométrica del componente, el tipo de carga aplicada y el comportamiento estructural esperado.

El mallado con elementos triangulares (Trias)

Se caracteriza por su facilidad de adaptación a superficies curvas y geometrías irregulares. Este tipo de elemento resulta especialmente útil en zonas donde la forma del componente presenta variaciones abruptas o detalles complejos. Sin embargo, al tratarse de

elementos de menor eficiencia numérica, puede requerir un mayor refinamiento para alcanzar resultados confiables.

Mallado con elementos cuadriláteros (Quads)

Ofrece un mejor desempeño en términos de precisión y convergencia de los resultados, especialmente en análisis estructurales. Los elementos cuadriláteros permiten una distribución más uniforme de esfuerzos y deformaciones, por lo que son recomendados en áreas críticas donde se concentran las cargas principales.

Mallado mixto (Mixed)

Combina elementos triangulares y cuadriláteros dentro de un mismo modelo, permitiendo aprovechar las ventajas de ambos tipos. Esta estrategia es comúnmente aplicada cuando la geometría del componente no permite un mallado completamente cuadrilátero, pero se busca mantener una adecuada calidad de malla en las zonas estructuralmente más relevantes.

Mallado refinado con elementos triangulares (R-Trias)

Se emplea cuando se requiere un mayor nivel de detalle en regiones específicas del modelo, como bordes, uniones o áreas sometidas a concentraciones de esfuerzo. El refinamiento local permite mejorar la precisión sin incrementar de forma significativa el costo computacional del análisis global.

Mallado exclusivamente con elementos cuadriláteros (Quads Only)

Representa una de las opciones más eficientes desde el punto de vista numérico. Este tipo de mallado es preferible en componentes con geometrías regulares y superficies bien definidas, ya que favorece una mejor estabilidad del modelo y resultados más consistentes en simulaciones estructurales (Altair Engineering Inc, 2022).

Metodología

Enfoque de la investigación

La metodología desarrollada en esta investigación se organizó de manera sistemática con el propósito de analizar el desempeño mecánico de la visera superior del faro de la motocicleta Pulsar Bajaj NS200, elaborada con el material alternativo P-Glass/ABS mediante impresión 3D. Este enfoque metodológico asegura la obtención de resultados precisos y verificables, integrando herramientas de modelado, simulación y validación experimental.

El estudio se clasifica como experimental, ya que implica la manipulación de variables controladas como el tipo de material, tipo de mallado, el proceso de fabricación y las condiciones de carga para determinar su influencia sobre la resistencia y funcionalidad del componente.

La investigación adopta una modalidad cuantitativa, basada en la recopilación de datos numéricos provenientes de simulaciones computacionales, ensayos mecánicos y mediciones instrumentales. Esto permite un análisis objetivo de los resultados, comparándolos con los valores correspondientes al material original.

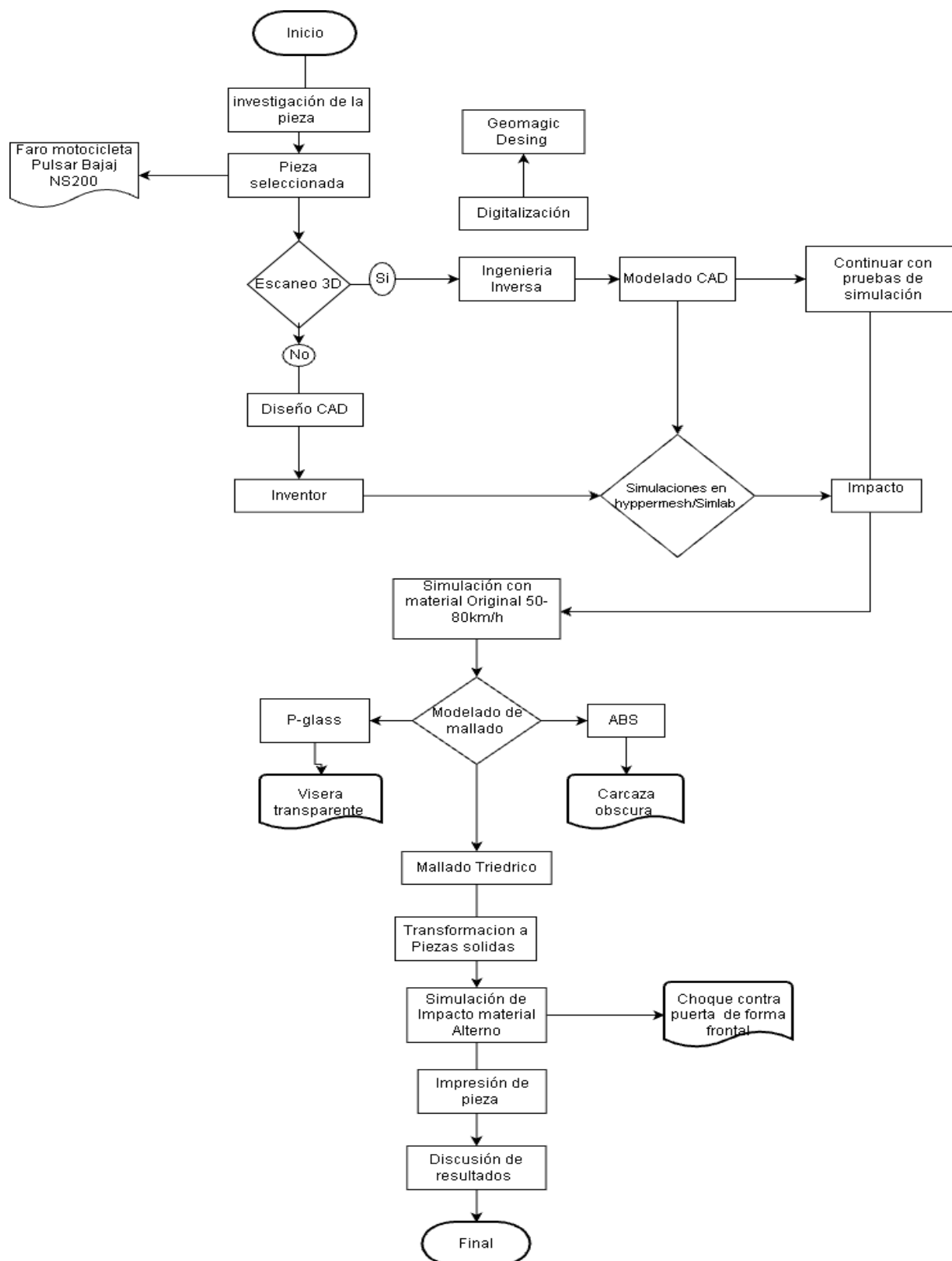
El método empleado es analítico-experimental, combinando el uso de tecnologías de ingeniería asistida por computadora (CAD, CAE y CAM) con procedimientos de ensayo físico. El proceso seguido se desarrolló en las siguientes etapas:

- **Actividad 1:** Digitalización tridimensional de la visera original mediante ingeniería inversa, utilizando el escáner CR-Scan Raptor para generar un modelo digital con dimensiones reales en el software Geomagic Design X.
- **Actividad 2:** Reconstrucción del modelo 3D y preparación del archivo para su análisis estructural y simulación posterior.

- **Actividad 3:** Simulación mecánica de la visera original en el software Simlab, aplicando cargas puntuales con el fin de identificar las zonas de mayor concentración de esfuerzos.
- **Actividad 4:** Determinación de parámetros de impresión relleno, temperatura, velocidad y grosor de capa según los resultados obtenidos en las áreas críticas, asegurando una fabricación adecuada.
- **Actividad 6:** Fabricación del prototipo mediante impresión 3D, empleando los parámetros que ofrecieron el mejor rendimiento estructural y acabado superficial.
- **Actividad 7:** Medición de transmitancia lumínica de acuerdo con la normativa correspondiente, utilizando un luxómetro digital para cuantificar la luz transmitida a través de la pieza.

A continuación, se presenta el diagrama de procesos metodológico que se aplicará durante todo el proceso de desarrollo de la investigación, detallando cada actividad que se realizará para caracterizar las propiedades del material compuesto hasta la finalidad del proyecto.

Diagrama de procesos



Nota. En el diagrama anterior se representa las etapas por las cuales se procede a realizar la investigación que va desde la selección del material el cual fue seleccionado por su demandada oferta, posterior mente la realización de simulaciones en el software Hypermesh y Simlab hasta la finalización que es la demostración de resultados y la impresión de la pieza con el material alternativo.

Obtención de las piezas mediante ingeniería inversa

Adquisición de la geometría en 3D

La siguiente pieza corresponde a la visera superior de la motocicleta Pulsar Bajaj NS200, está fabricada de Policarbonato el cual es un plástico resistente, ligero y transparente el cual es procesado para obtener una pieza en 3D utilizando el software Altaír, en nuestro estudio se utilizará el software Hypermesh y Simlab.

El primer paso, es obtener la pieza que se necesita para proceder a realizar la digitalización de la figura pro siguiente se presenta la visera en distintos perfiles:

Figure 38

Vista frontal de la visera completa



Figure 39

Vista posterior de la visera.



Pieza a fabricar con material alternativo ABS

La visera principal se divide en dos piezas una de ellas será procesada con material alternativo ABS debido a sus propiedades mecánicas como: resistencia al impacto y tenacidad, rigidez, es un material liviano.

En la siguiente figura se visualiza solo la pieza de la cual se trabajará únicamente con material ABS.

Figure 40

Carcaza superior a fabricar con material ABS.



Pieza a fabricar con material alternativo P-GLASS.

La siguiente figura es una visera semitransparente la cual va hacer procesada y fabricada con material alternativo denominado P-GLASS que cumple con propiedades mecánicas como: elasticidad, resistencia a la tracción, es liviano y transparente.

En la siguiente figura 41 se aprecia la visera de la cual se procederá a realizar el proceso de simulaciones he impresión con el material P-GLASS.

Figure 41

Visera frontal a fabricar con material P-GLASS.



Nota. La figura anterior hace referencia a una pieza transparente, la cual se procede a realizar el proceso de escaneo tomando en cuenta cada detalle que pueda contener para realizar simulaciones en software CAD.

Escaner Utilizado

CR-Scan Raptor es un escaner de ultima tecnologia 3D, de alta velocidad y precisión, es capaz de escanear objetos metalicos sin tener la necesidad de pintarlos ya que tiene la capacidad de escanear superficies negras.

Trabaja con luz infrarroja y una combinacion con láser azul, que permite obtener resultados de mejor calidad capaz de enfocar hasta los mas minimos detalles como se puede apreciar en la siguiente figura.

Figure 42

CR- Scan Raptor



Nota. En la figura anterior se visualiza el Scanner que se utilizo para obtener la pieza tridimensionalmente, es un equipo de ltima tecnologia el cual se llama CR-Scan Raptor.

Caracteristicas Especificas del Scaner

. En la tabla 10 se encuentran las especificaaciones establecidas para poder obtener una pieza correctamente escaneada, con medidas reales.

Existen varios tipos de escaner que permiten obtener distintos resultados de escaneo, el scanner utilizado es de ultima tecnologia por lo cual se pudo conseguir resultados apropiados de la geometria de la pieza.

Tabla 10

Propiedades Técnicas del Scanner

Propiedades del Scanner	
Fuente de luz	Led Azul
Modos de escaneado	Escaneado manual sin marcadores
Modo de alineamiento	Marcadores
Distancia de trabajo	150 mm - 400 mm
Tamaño mínimo de escaneado	5 mm
Tamaño máximo de escaneado	2 m
Plataforma de escaneado	X
Precisión de escaneo	0.02 mm

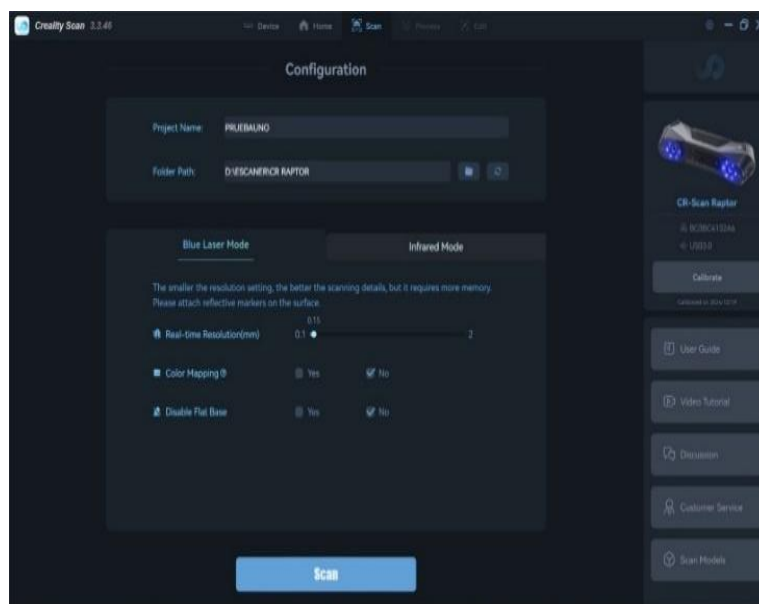
Software Creality Scan

El software Creality Scan es de acceso libre que viene disponible para realizar los procesos de escaneo (Cloud, s.f) es intuitivo, fácil de usar sus principales ventajas es que cuenta con la facilidad de escanear sin marcadores, cuando la pieza no es transparente, lo fundamental es manejar el scanner correctamente para que se pueda obtener hasta los detalles mas minimos.

En la figura 43 se observa la pantalla principal del software donde se realiza modificaciones según el requerimiento de la pieza, ya sea piezas mas pequeñas que requieren mas precision, se le configura en la pantalla principal.

Figure 43

Configuración Software Creality Scan

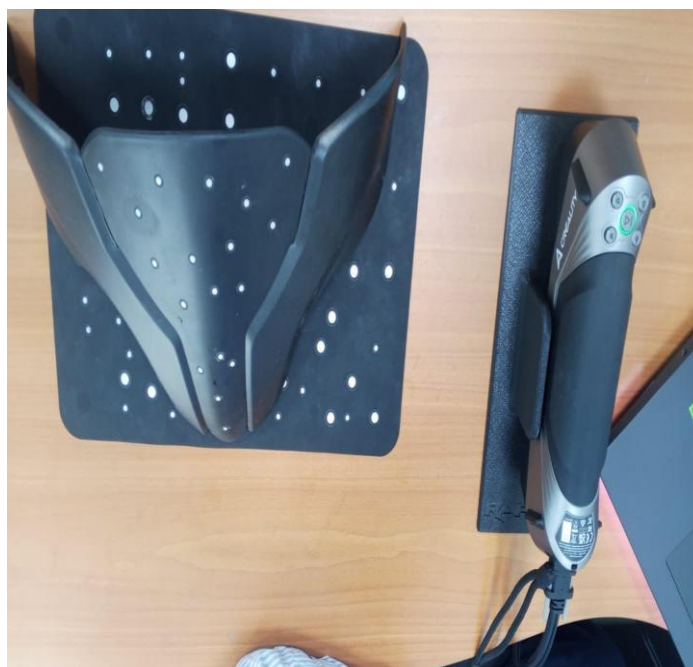


Proceso para realizar escaneo de piezas

Pintado de visera transparente

Pintar la visera transparente de un color obscuro en este caso color negro para poder obtener datos precisos y tener una buena nube de puntos a la vez pegar los marcadores adhesivos “targets”, se colocan para que el escáner tenga puntos de referencia que le permitan definir la estructura tridimensional, estos targets circulares de color blanco se pegan por toda la superficie transparente de la pieza.

En la figura 44 durante el escaneo 3D de la visera superior del faro de la motocicleta Pulsar Bajaj NS200, se utilizaron targets como referencias geométricas para incrementar la precisión y fiabilidad del modelo digital generado. Estos marcadores permitieron al sistema identificar puntos coincidentes entre las distintas capturas realizadas desde diversos ángulos, facilitando el correcto alineamiento y ensamblaje de las nubes de puntos.

Figure 44*Insertar targets*

Nota. Añadidura de adhesivos llamados targets.

La utilización de targets fue particularmente importante debido a la geometría compleja y las superficies curvas de la visera, que pueden provocar pérdida de referencias durante la captura de datos. Mediante la colocación estratégica de los targets en zonas clave del componente, se logró una reconstrucción tridimensional más estable y coherente, reduciendo errores de superposición y desviaciones dimensionales.

Escaneo de piezas

Cuando la pieza ya se encuentra lista tanto pintada de un color que no de refleccion y pegada targets se procede a escanear la pieza a una distancia de 15cm aproximadamente para obtener da silueta apropiada, debe estar situada en una parte fija y sobre una superficie de color oscuro, el lugar no debe contener mucha iluminacion ni tampoco ruido para conseguir una apropiada obtencion de los detalles de la visera.

Figure 45*Escaneo de visera*

Nota. Escáner de Piezas

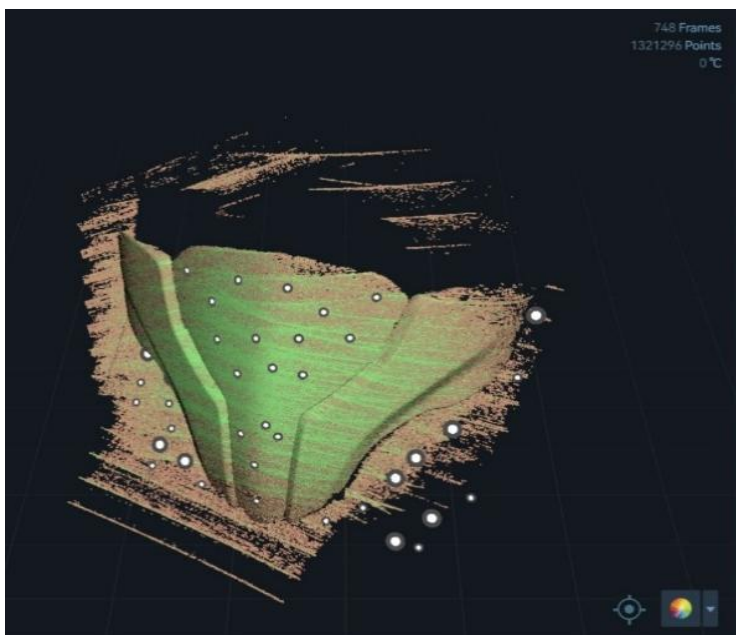
Obtención nube de puntos

La captura de la nube de puntos se realizó mediante escaneo tridimensional de la visera superior del faro de la motocicleta Pulsar Bajaj NS200, con el fin de registrar con precisión la geometría real del componente. El escáner capturó un conjunto de coordenadas espaciales (x, y, z) de la superficie de la pieza, generando una representación digital detallada de su forma y dimensiones.

Posteriormente, la nube de puntos fue procesada mediante limpieza y filtrado, eliminando datos redundantes y ruido de adquisición. Una vez depurada, se generó la malla superficial, transformando la información discreta de puntos en una geometría continua apta para manipulación digital.

Figure 46

Nube de puntos en Crealitty Scan



Nota. En la figura 46 se puede observar la nube de puntos que se obtiene a partir de escanear la pieza.

Digitalización de la pieza

La digitalización del componente en Geomagic Design se ejecutó mediante un proceso secuencial y estructurado, iniciando con la información capturada por el escaneo 3D. Primero, la nube de puntos fue importada y organizada en el software, facilitando la visualización y manipulación de los datos geométricos del componente.

En la segunda etapa, se efectuó la limpieza y depuración de la nube de puntos, removiendo datos inconsistentes, ruido y superposiciones del proceso de escaneo. Esta fase permitió obtener una representación más precisa y continua de la superficie real de la pieza.

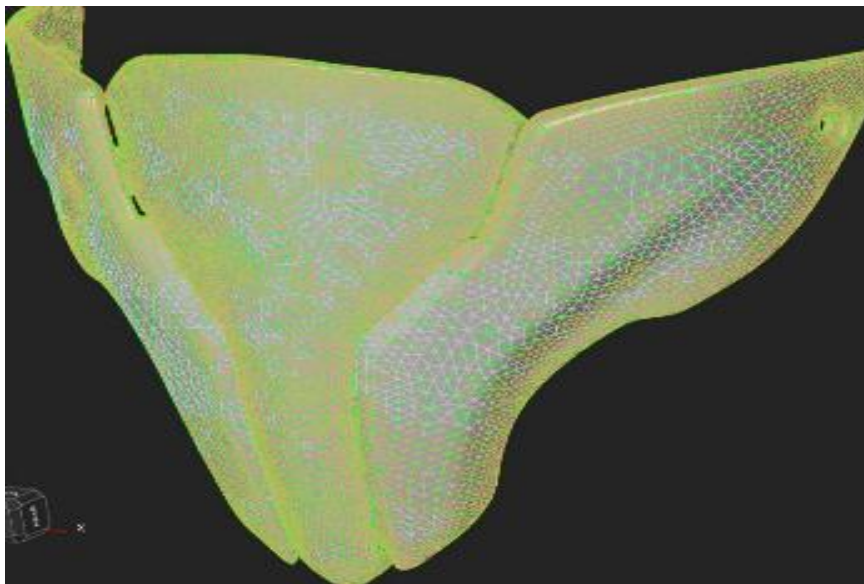
Seguidamente, los datos depurados se utilizaron para generar la malla superficial, transformando el conjunto discreto de puntos en una geometría continua. Sobre esta malla se

aplicaron herramientas de suavizado y corrección de superficies para mejorar la calidad geométrica sin alterar las dimensiones originales del componente.

Finalmente, se ejecutó la reconstrucción del modelo CAD mediante la creación de superficies y entidades geométricas editables. Este modelo permitió definir espesores, ajustar geometrías y realizar el rediseño necesario para análisis estructural y manufactura aditiva. De este modo, Geomagic Design facilitó la transición desde el escaneo físico hasta un modelo digital preciso y funcional, apropiado para su integración en las etapas posteriores del desarrollo del prototipo.

Figure 47

Digitalización en Geomagic Desing



Nota. La figura 47 representa la pieza ya digitalizada.

Corrección de mallado

Una vez obtenido las piezas en archivo STEP se debe realizar las correcciones de cualquier tipo de inconformidad que puede tener el contorno de la pieza, se procede al manejo

del software Hypermesh, en el cual la Universidad Internacional SEK cuenta con la licencia profesional.

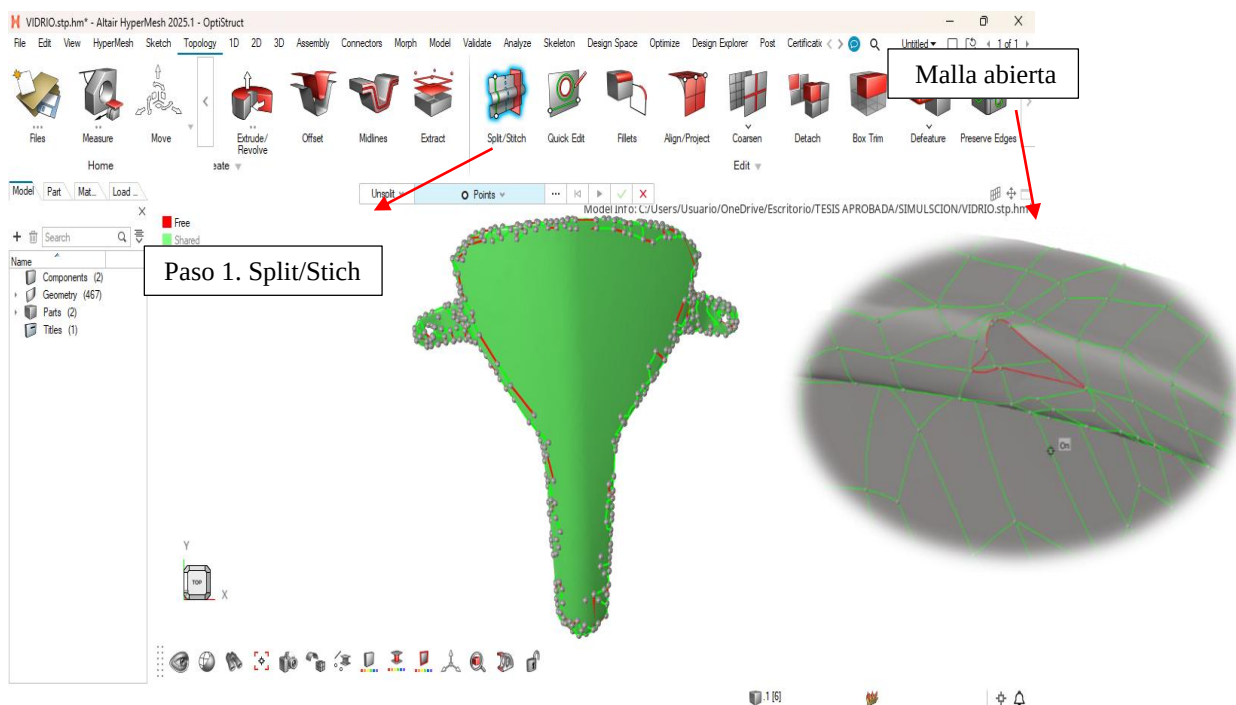
A continuación, se observa un error en la visera, se visualiza que la estructura no está cerrada completamente y esto impide a que se realice un correcto mallado.

En hypermesh existen algunas herramientas que permiten corregir los errores que presentaba el mallado. Split/ Stich, son opciones que podrán solucionar los problemas de simulación requerido en tanto a mallado.

En la figura 48 se observa líneas rojas lo cual significa que la estructura de la pieza no se encuentra totalmente sellada y es por ello que no se puede realizar mallados 3D ni transformar a sólido, la solución es unir todos los nodos y que no presente ningún espacio abierto con herramientas que se encuentran en el software.

Figure 48

Error en mallado de visera



Nota. Corrección de mallado de la visera

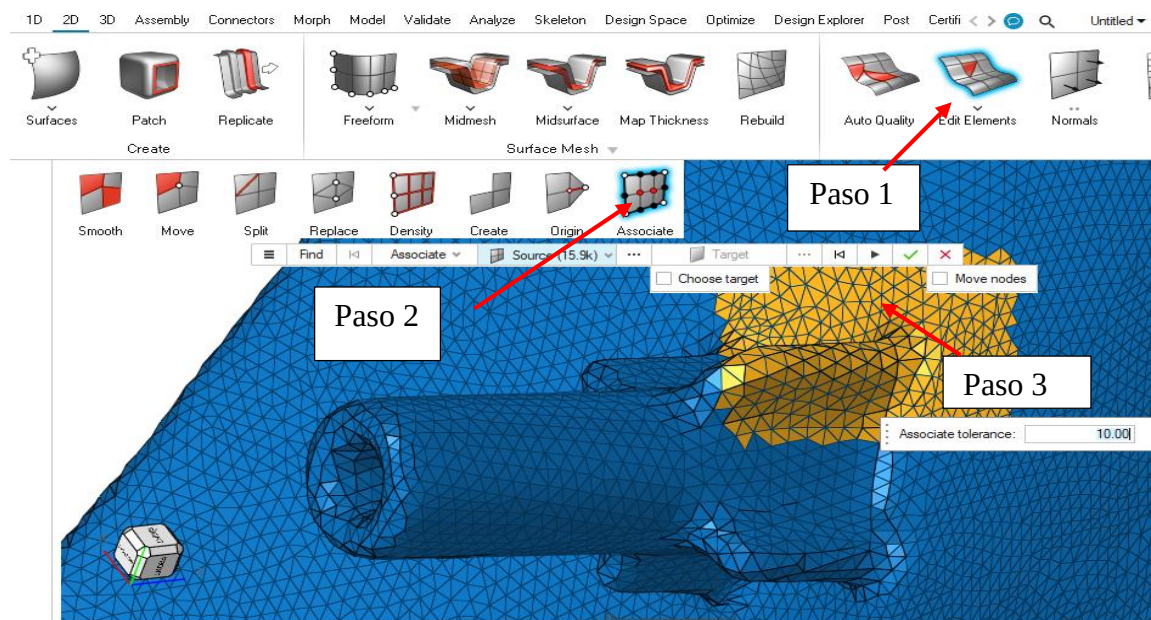
Limpieza de malla

Al momento de realizar el escaneo de la pieza no se obtiene una pieza totalmente correcta por lo cual se debe realizar correcciones en los elementos del mallado para no tener errores, en el software Hypermesh existen distintas herramientas que permiten correcciones de mallados realizados y así poder obtener una pieza correctamente mallada.

En la figura 49 se observa los pasos que se llevan a cabo para una limpieza de malla apropiada, en el paso 1 se selecciona Edit Element , paso 2 la opción que se considere más apropiada las cuales existen diversas herramientas como: Smooth/ Move/ Split/ Replace/ Density/ Create/ Origin/ Associate cada opción tiene su finalidad precisa, en el paso 3 se debe seleccionar el área en el cual se requiere editar para mejor su malla tales como su tamaño, finalmente cuando ya se realiza todos los pasos descritos se da clic en el visto y pley para que se pueda generar el trabajo realizado.

Figure 49

Ajustes del mallado



Nota. Limpieza de malla.

Mallado de visera

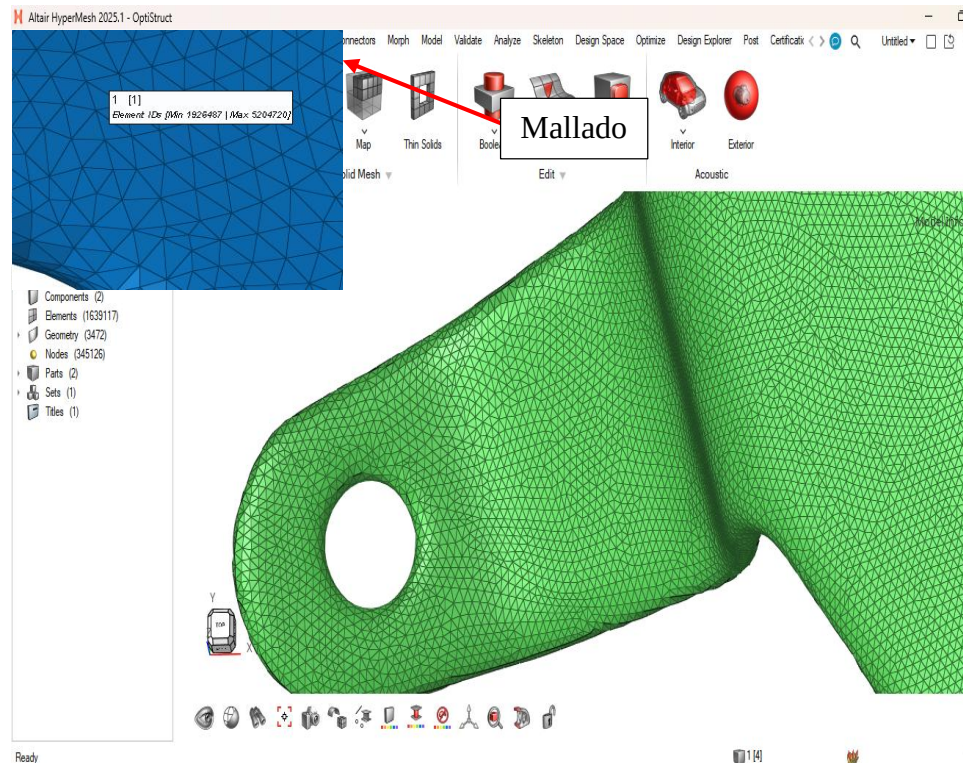
Un mallado apropiado con una malla estructurada debe presentar la mayoría de sus figuras ya seas triángulos o cuadrados de manera homogénea, para que la obtención de resultados sean los más precisos posibles.

En la figura 50 se observa un mallado apropiado tetraedro con un tamaño de malla de 2mm en la superficie de la pieza, la malla se pudo desarrollar después de realizar las correcciones necesarias en el cierre de la malla para poder convertir la pieza en sólida.

Este tipo de mallado se seleccionó debido a la geometría que está compuesta la pieza ya que posee varias curvas y un mallado triangular es apropiado para este tipo de piezas curvas según (Blas Molero (IBERISA), 2021).

Figure 50

Mallado superficial tetraedro de la visera



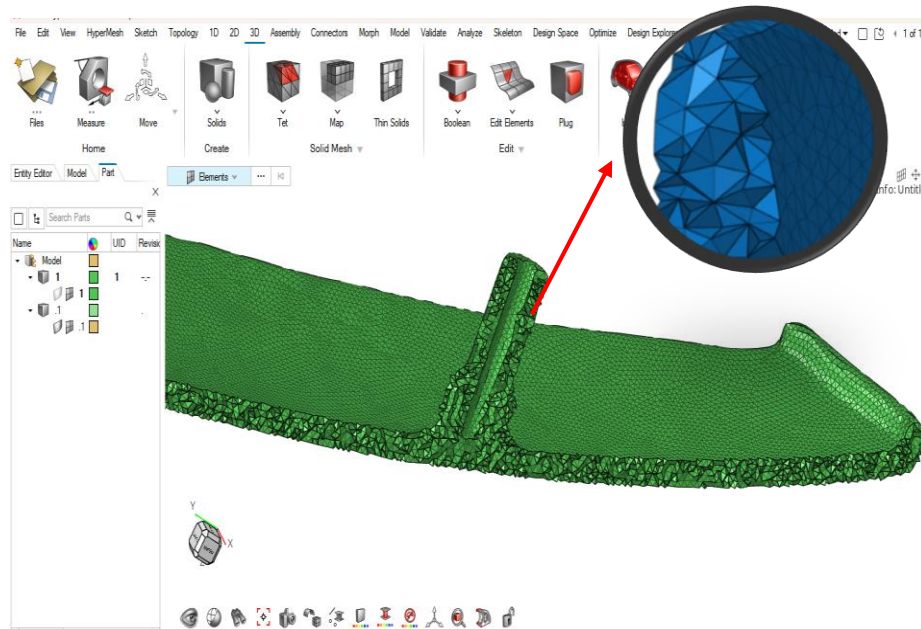
Nota. Mallado triangular.

Mallado interno visera

Este proceso consiste en dividir el volumen total de una pieza en numerosos elementos tridimensionales, permitiendo que el método de elementos finitos (MEF) analice con precisión su comportamiento mecánico. Esta segmentación volumétrica facilita identificar cómo se distribuyen las cargas y deformaciones en el material, detectando zonas críticas y posibles puntos de fallo que no se capturarían con un análisis superficial. Gracias a esto, el software genera simulaciones más realistas, representa fielmente geometrías complejas y mejora la confiabilidad en análisis de impacto y cargas dinámicas.

Figure 51

Mallado interno visera



Nota. En la figura 51 se observa el mallado interno de la visera como se encuentra visualmente, en el círculo se aprecia su interior.

Refinamiento mallado de visera

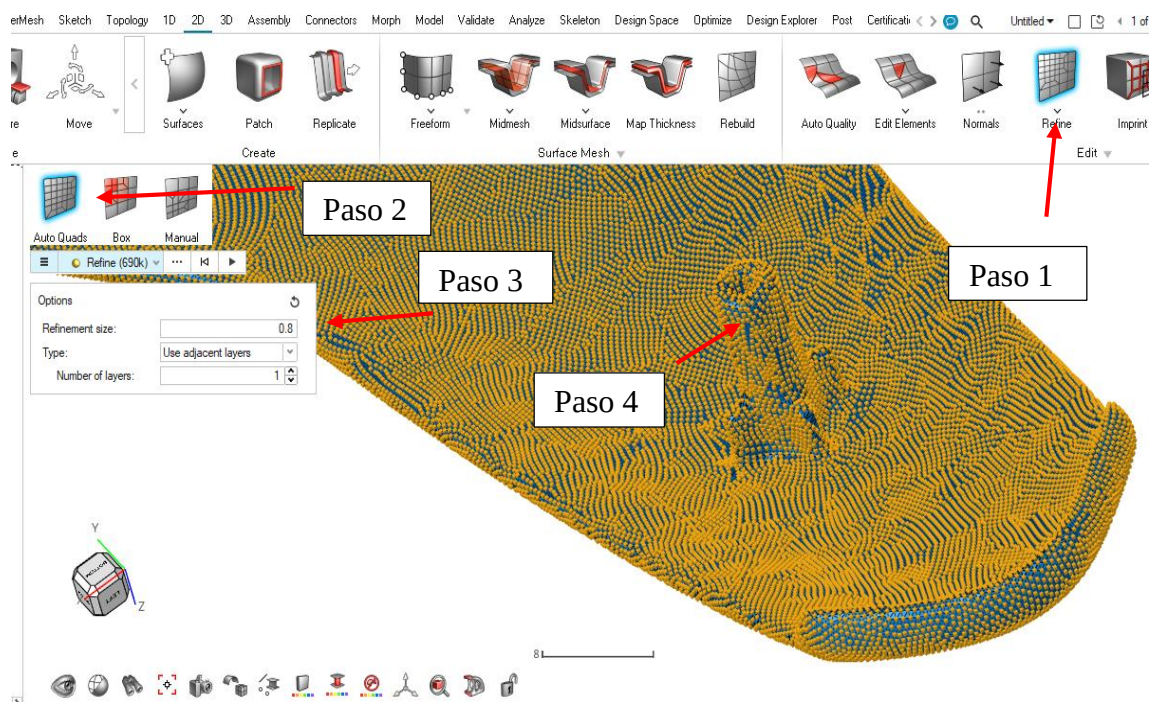
En el modelo del faro fabricado en P-Glass/ABS, el refinamiento de malla en HyperMesh se aplicó para incrementar el nivel de detalle en zonas donde la geometría presenta curvaturas,

uniones o posibles concentraciones de esfuerzo. Este ajuste permitió obtener una representación más precisa del comportamiento mecánico del faro sin aumentar innecesariamente el tiempo de cómputo. Gracias a este refinamiento localizado, los resultados del análisis estructural reflejan de manera más confiable la respuesta real del componente ante las cargas aplicadas.

En la figura 52 se presenta los pasos a seguir para un correcto refinamiento de malla el cual consta de 4 pasos esenciales. Como primer paso se selecciona la opción de Refine el cual despliega otras opciones como Auto Quads/ Box/ Manual, en este caso se elige la opción de Auto Quads para que el software analice el refinado más apropiado para la pieza, en el paso 3 se selecciona el tamaño del refinamiento y el número de capas una vez ya realizado los pasos descritos se debe seleccionar la pieza completa o la parte en la cual se requiere un refinamiento, una vez teniendo todo listo se le da en play y se realiza el proceso.

Figure 52

Refinamiento de la visera



Nota. Refinamiento malla de la visera

En la siguiente tabla 11 se describe la cantidad de elementos, tamaño de refinamiento y número de nodos que se obtuvo de la pieza:

Tabla 11

Estadísticas cuantitativas de la malla de elementos finitos generada

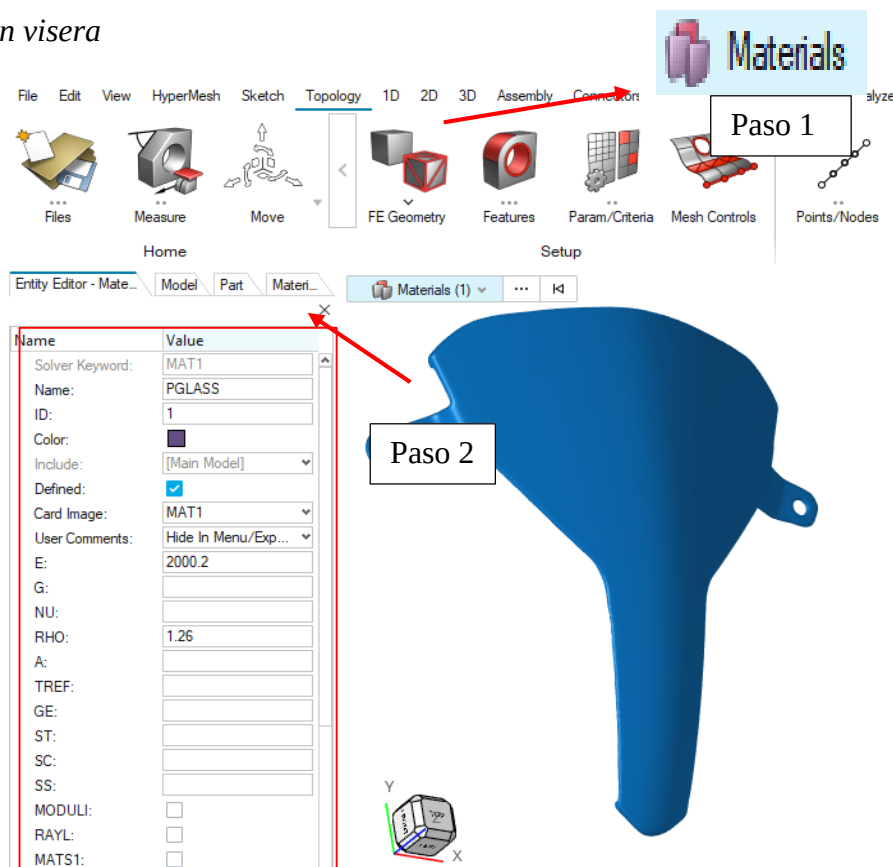
Características	Valor	
Número de elementos	Tet 4	Tri3
	172098	72096
Número de nodos	44837	
Tamaño de mallado	2 mm	

Nota. Número de nodos y elementos de la vera.

Colocación del material P-GLASS en la visera

El material P-Glass posee buenas propiedades mecánicas entre ellas su densidad, elasticidad, propiedades térmicas, translucidez que la hacen viable para la fabricación de la visera, por lo cual en la siguiente figura se observa el apartado donde se colocó el material con sus respectivos valores específicos.

En la figura 53 se visualiza los pasos a seguir para poder asignar las propiedades del material P-GLASS, en la siguiente tabla número 12 se detallan los valores de las propiedades del material que serán colocados en este apartado.

Figure 53*Crear material en visera*

Nota. Colocacion de propiedades del material.

La tabla 12 muestra las características físicas y mecánicas del P-Glass. Este material exhibe una densidad de aproximadamente 1.26 g/cm^3 , dureza Rockwell de 110R y una resistencia a tensión próxima a 50 MPa, lo cual demuestra un desempeño estructural apropiado para aplicaciones de alta exigencia. Su módulo elástico en tracción y flexión cercano a 2000 MPa refleja una rigidez superior comparada con polímeros tradicionales. Adicionalmente, presenta un alargamiento del 50% y resistencia al impacto de aproximadamente 9.2 kJ/m^2 , características que facilitan la evaluación de su comportamiento ante cargas dinámicas y condiciones operativas reales.

Tabla 12*Propiedades mecánicas P-Glass*

Propiedades	Resultado
Densidad (g/cm ³ a 21.5 °C)	1.26 (dentro de 0.02 g/cm ³)
Dureza Rockwell	110R
Resistencia a la tracción (MPa)	50.2
Módulo de tracción (MPa)	2000.2 (dentro de 210.1 MPa)
Módulo de alargamiento (%)	50%
Módulo de flexión (MPa)	2000.2 (dentro de 210.1 MPa)
Resistencia a la flexión (MPa)	66.2 (dentro de 3.4 MPa)
Resistencia al impacto (kJ/m ²)	9.2 (dentro de 0.8 kJ/m ²)

Nota. Datos requeridos para la simulación de impacto.

Mallado superficial “carcaza”

El mallado 3D es el proceso mediante el cual un modelo tridimensional es discretizado en un conjunto de elementos geométricos de menor tamaño, generalmente conformados por triángulos y cuadriláteros, que permiten representar de manera precisa la superficie del componente. En el caso de la carcasa analizada, este procedimiento resulta fundamental para describir adecuadamente su geometría, incluyendo superficies curvas, aristas y detalles constructivos relevantes.

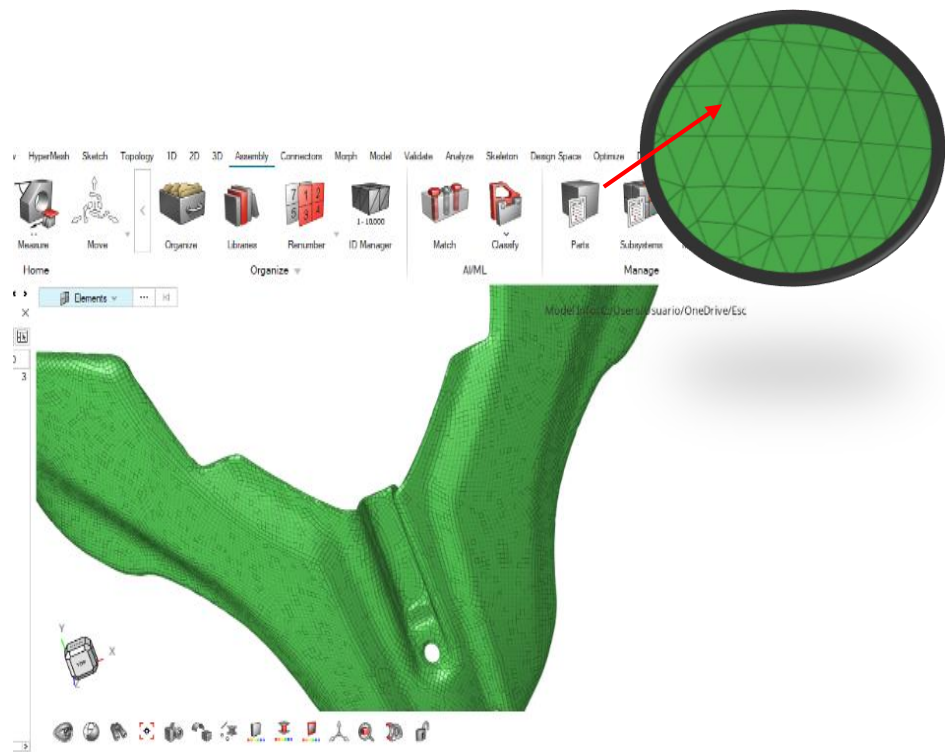
La correcta generación del mallado permite definir con mayor fidelidad la forma real del modelo, garantizando que las dimensiones y características geométricas se mantengan consistentes durante las etapas posteriores del proceso. Un mallado adecuado facilita la

identificación de zonas críticas, evita distorsiones geométricas y asegura la continuidad superficial del componente.

Asimismo, el mallado 3D constituye una etapa clave previa a la fabricación aditiva, ya que el modelo discretizado es utilizado por el software de impresión para convertir la geometría en capas sucesivas de fabricación. De esta manera, un mallado bien definido contribuye directamente a una correcta interpretación de la geometría por parte del sistema de impresión, permitiendo una deposición de material más precisa y reduciendo posibles defectos durante el proceso de fabricación.

Figure 54

Mallado Carcaza



Nota. en la figura 54 se observa un mallado tetraedro el cual contiene triángulos homogéneos en su parte superficial.

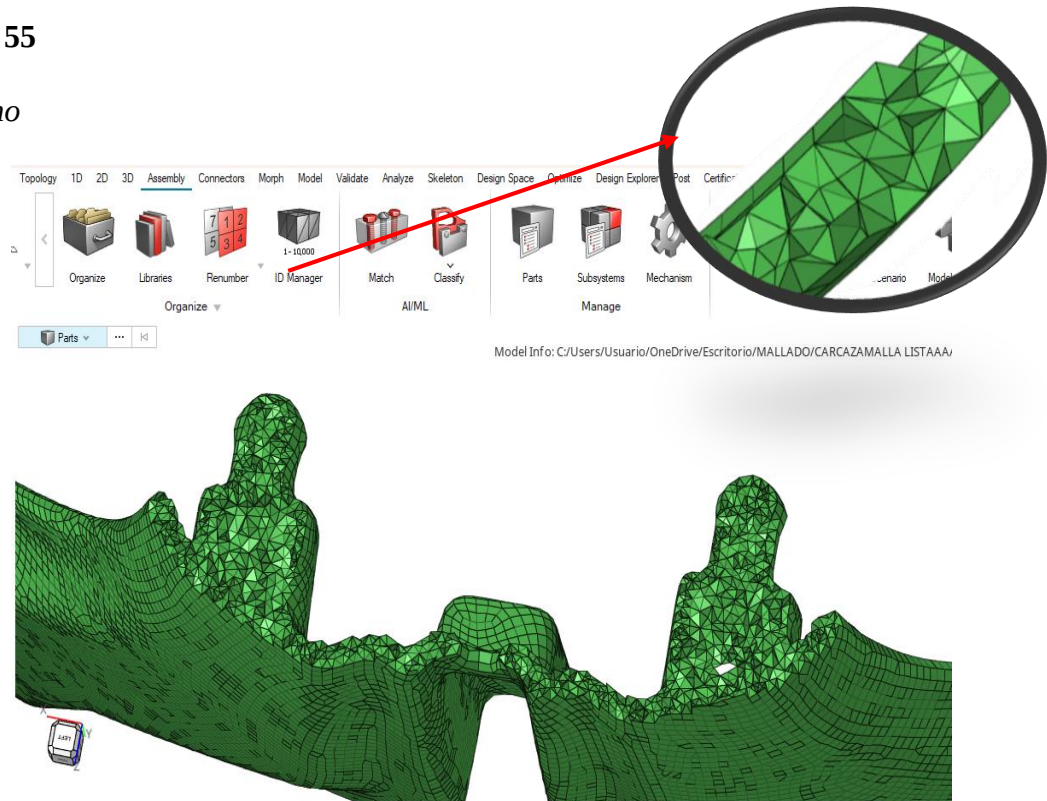
Mallado interno “carcaza”

Es una estructura que se forma dentro de la pieza, su función es dar soporte y fuerza a la pieza, usando menos material para que sea más rápido y ligero de fabricar. Esta estructura puede tener distintas formas como: cuadrados o triángulos.

En la figura anterior 55 se observa el tipo de mallado tetraédrico interno que contiene, el cual fue seleccionado por la geometría de la pieza en forma de curvas.

Figure 55

Mallado Interno



Nota. Mallado tetraedro de la carcaza

Transformación pieza a solida

Convertir una pieza en modelo sólido genera una geometría completa con propiedades físicas reales (volumen, masa, densidad), lo que permite realizar análisis mecánicos precisos, aplicar cargas, crear mallas computacionales y generar archivos para fabricación. Esto asegura que el diseño sea correctamente interpretado por los sistemas de ingeniería y manufactura, garantizando resultados confiables.

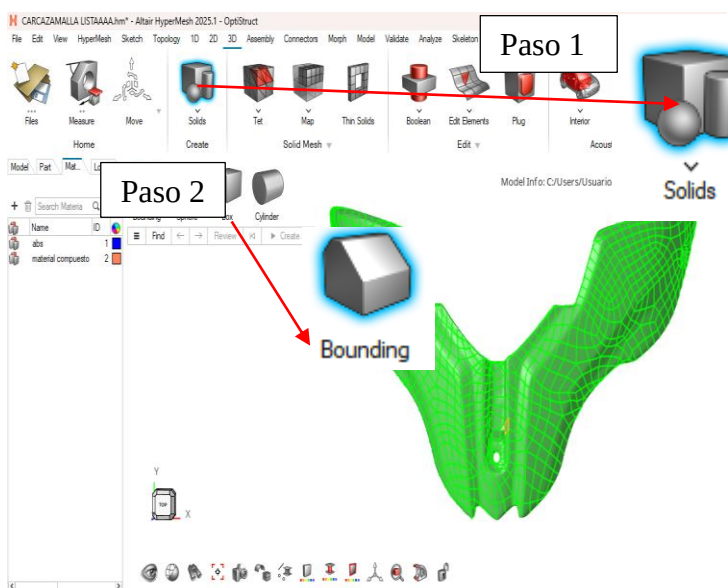
En la figura 56 demuestra cual es el paso que se debe seguir para que la pieza se convierta en sólido, como se observa se debe elegir la opción 3D / Paso 1 “Solids” / Paso 2 “Bouding” y se debe seleccionar toda la pieza para que se pueda convertir en sólida.

Cabe recalcar que no se podrá hacer solida si la pieza presenta errores en su estructura como partes abiertas lo cual no permiten que el mallado se cierre correctamente.

A continuación, se presenta los pasos que se deben seguir para transformar a Solido:

Figure 56

Conversión a sólido "carcaza"



Nota. Conversión pieza a sólida.

Adición del material ABS en la carcaza

Una vez ya investigado las propiedades mecánicas del material que se necesita para agregar al diseño se procede a añadir material el cual en este caso se seleccionó el ABS por sus excelentes propiedades mecánica.

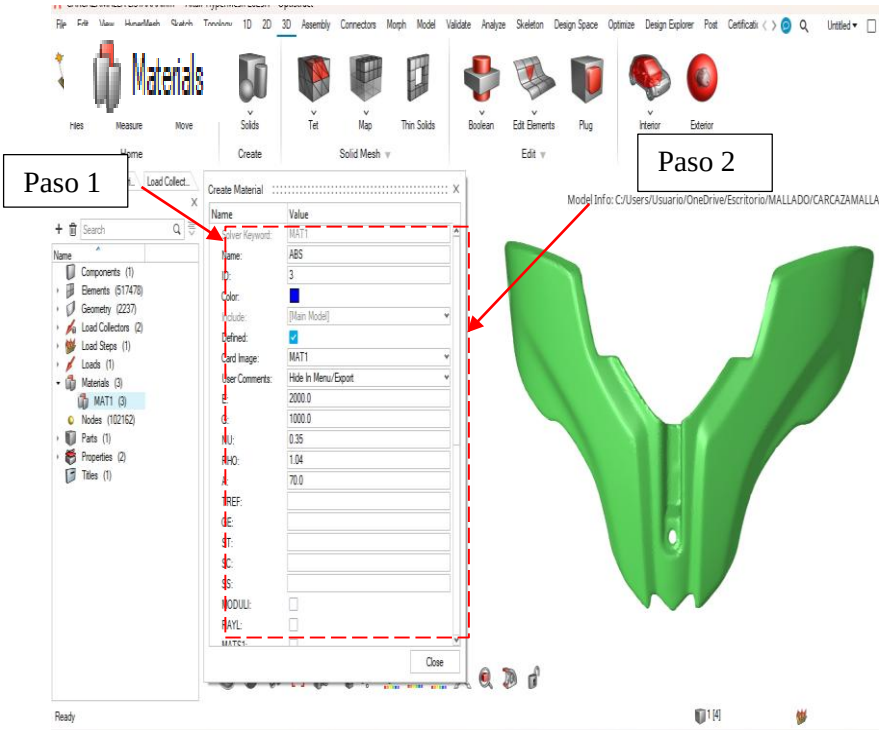
Se ve reflejado en la figura 57 los pasos a seguir para agregar el material, el paso 1 hace referencia a crear el apartado de material lo cual se realiza con clic izq. en el apartado de model,

una vez creada ya la opción de material se procede a colocar los valores establecidos en el comentario Paso 2.

Ya agregado el material en la pieza con los datos de: Módulo de Young, Módulo de corte, Coeficiente de Poisson, densidad, Coeficiente de expansión térmica, dichos datos estarán descritos en la tabla 13.

Figure 57

Agregar material ABS



Nota. Colocación de valores del material ABS.

Tabla 13

Propiedades del material ABS

Propiedad	Símbolo	Valor típico
Módulo de Young	E	2.1 GPa
Coeficiente de Poisson	v	0.35

Densidad	ρ	1.04 g/cm ³ (1040 kg/m ³)
Límite de tracción / Esfuerzo máximo	σ_u	40 MPa
Módulo cortante	G	0.78 GPa

Nota. En la tabla 13 están descritas las propiedades mecánicas que se deben colocar en el software hypermesh en el apartado de agregar material.

Ensamble de las dos piezas

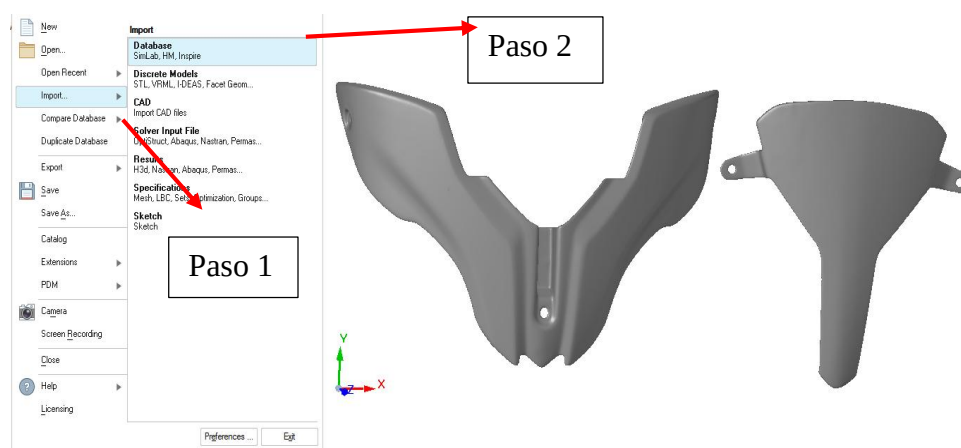
Es el proceso por el cual distintas piezas diseñadas por separado se unen, aplicando restricciones para verificar como se encajan y funcionan juntas en un mismo modelo.

En el presente apartado se realiza la unión de las 2 piezas tanto de la carcasa como de la visera de vidrio, en el cual se utilizará el software Simlab es una extensión de Altair de licencia libre debido al convenio que posee a Universidad Internacional SEK con Altair para uso educativo.

La figura 58 presenta los pasos a seguir para realizar el ensamble que son los siguientes: como paso 1 se realiza la importación del archivo CAD hacia el software Simlab, el paso 2 es la selección del archivo CAD. Una vez ya seleccionados las dos piezas se procede a realizar su unión.

Figure 58

Importación de piezas CAD



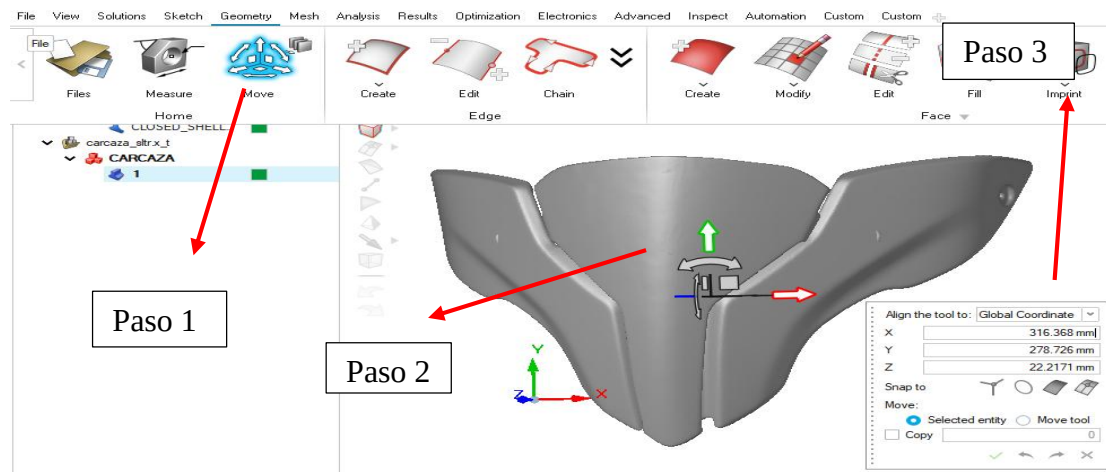
Coordenadas para unión de las piezas

La presente figura hace referencia a como se debe llevar a cabo la unión de ambas piezas en la cual como primer paso se selecciona “Move” el cual indica señalizaciones, flechas las cuales permiten generar movimiento a las piezas y hacer que encajen la una con la otra. Como paso 2 es el manual de las flechas las cuales toca manejar cuidadosamente para que acoplen correctamente tanto existen flechas las cuales indican sentidos de arriba/ abajo, derecha/izquierda, sentidos de giro entre otras, posterior a ello en el recuadro que indica el valor de movimiento de las piezas se puede ir colocando manualmente valores para la realización más precisa de ambas piezas.

En la figura 59 se observa los pasos a seguir para poder ensamblar apropiadamente la pieza, en el paso 1 indica donde se debe seleccionar para proceder a dar movimiento a las piezas, paso 2 indican las flechas las cuales se debe dar movimiento hasta encontrar un correcto ensamble de las piezas, paso 3 se observa los valores de las coordenadas tanto en el eje X,Y,Z los cuales se puede modificar dependiendo el movimiento que se necesite.

Figure 59

Ensamble de las piezas

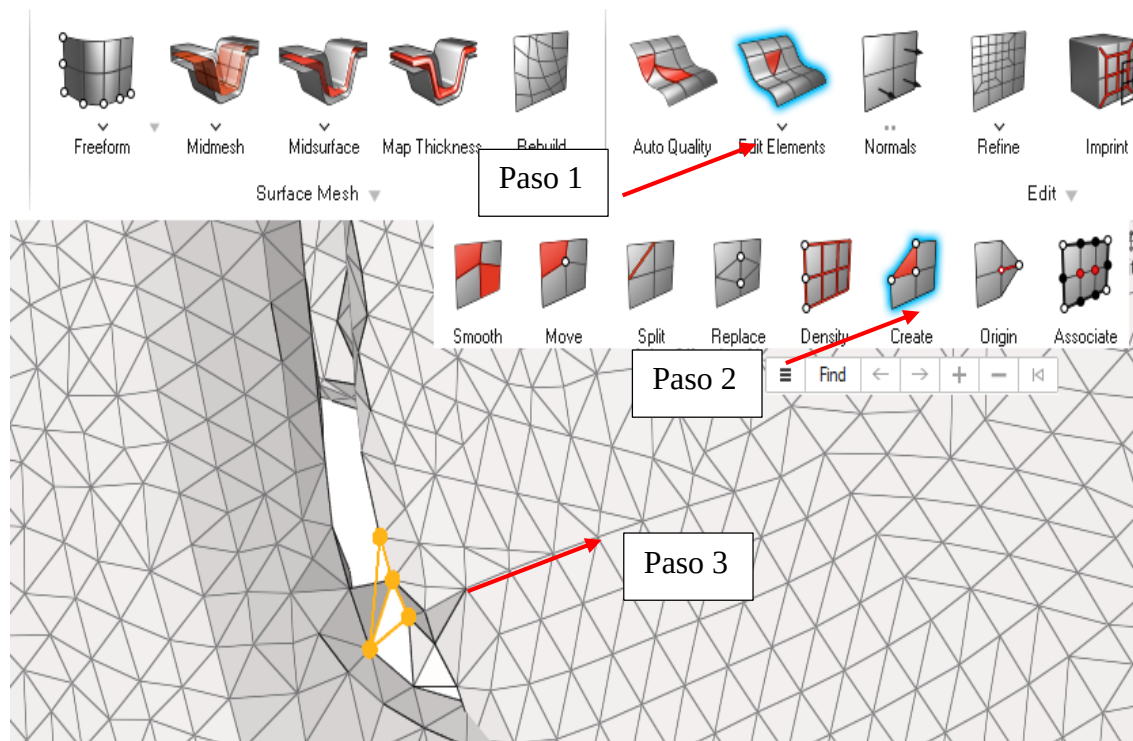


Rediseño de la pieza

La reconstrucción geométrica del componente se ejecutó empleando el software HyperMesh, mediante una estrategia metodológica dirigida hacia la consolidación espacial de sus elementos en una estructura única y continua. En primera instancia, se incorporó el archivo tridimensional original al ambiente de trabajo para examinar su configuración espacial, detectando las áreas de acoplamiento, separaciones entre secciones. Seguidamente, se realizó la transformación del modelo a través de funciones de modificación geométrica, centradas en fusionar las secciones presentes para constituir una pieza sólida unificada. Esta operación comprendió la supresión de límites entre elementos, la creación de superficies ininterrumpidas y el ajuste de transiciones geométricas que garanticen una apropiada continuidad estructural. Durante esta fase se aplicaron criterios geométricos que favorezcan el análisis mecánico subsecuente, como la homogeneidad en grosores y la correcta especificación de radios de transición.

Así, la utilización de HyperMesh facilitó establecer un procedimiento definido para la unificación geométrica del elemento, asegurando condiciones apropiadas para su evaluación y análisis mecánico en fases posteriores de la investigación

En la figura 60 se especifican los pasos a seguir para realizar la unión de ambas piezas, el paso 1 indica donde se debe seleccionar para poder ingresar al apartado de las herramientas que permiten la edición de la pieza, paso 2 indica la herramienta que se seleccionó la cual es “Create” esta opción hace referencia a que se va a crear elementos para unir las piezas en los espacios vacíos, en el paso 3 se selecciona los nodos donde se deben unir y crear el elemento.

Figure 60*Unión de piezas*

Nota. Unión de piezas.

Zona de unión entre componentes

La figura muestra el resultado de la integración geométrica de las dos piezas que conforman el componente, evidenciando una unión continua entre ambas. Las zonas resaltadas en color rojo representan las áreas donde se realizó la unión estructural, las cuales permiten consolidar el conjunto en una sola pieza sólida.

Esta unión se diseñó de manera que garantice la continuidad geométrica y estructural en toda la superficie de contacto, evitando separaciones o discontinuidades entre los elementos. De este modo, el componente final se comporta como una pieza completamente integrada, condición necesaria para su correcto desempeño mecánico y su posterior fabricación mediante impresión 3D.

Figure 61*Zona de union*

Nota. la figura 61 representa el contorno de unión de ambas piezas el cual está diferenciado de color rojo.

Procedimientos para la realización del análisis estático

El análisis estático se considera como una etapa metodológica destinada a evaluar el comportamiento estructural de la pieza frente a cargas mecánicas aplicadas de manera constante. Su finalidad es anticipar cómo la geometría del componente responde ante esfuerzos y deformaciones, permitiendo verificar si el diseño propuesto cumple con condiciones adecuadas de resistencia y estabilidad.

Este procedimiento se fundamenta en la preparación del modelo tridimensional de la pieza, el cual es desarrollado y ajustado para su posterior evaluación mecánica. A través del análisis estático se busca establecer una base técnica que permita identificar zonas potencialmente críticas del diseño y asegurar que la pieza pueda desempeñar su función sin comprometer su integridad estructural durante condiciones normales de uso.

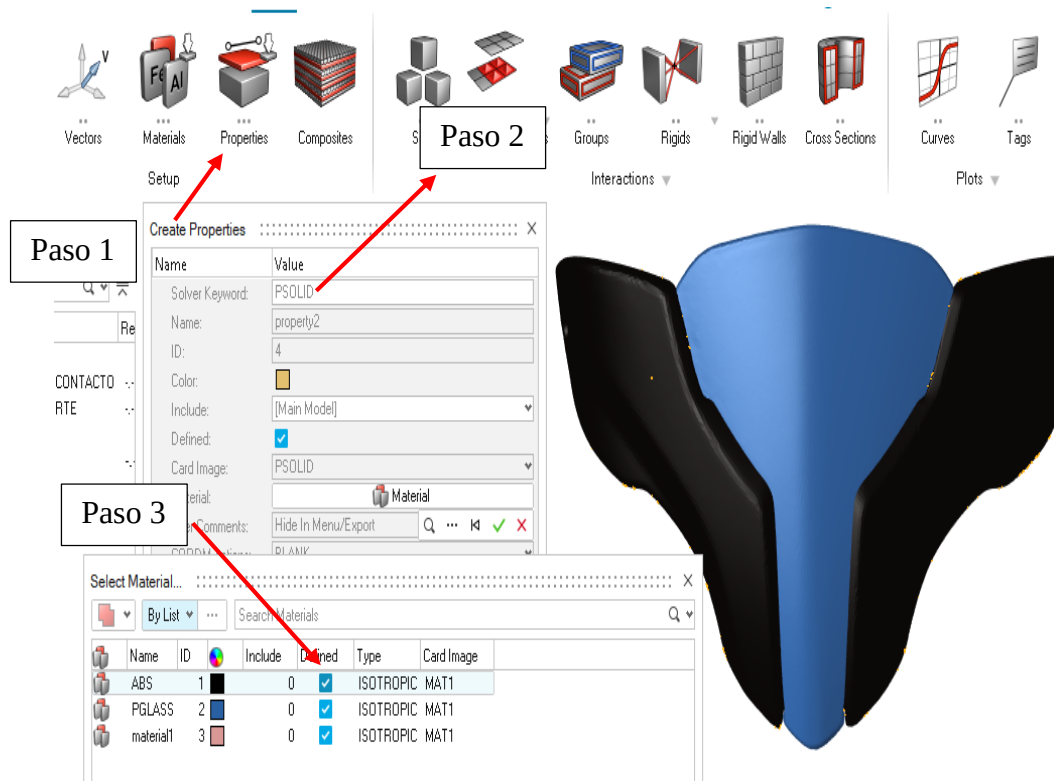
Selección del material y definición de sus parámetros mecánicos

En este apartado es indispensable para añadir las propiedades de los materiales ya creados anteriormente con los valores específicos de cada pieza.

En la figura 62 se observa los pasos a seguir para crear las propiedades de las piezas; en el paso 1 representa la herramienta principal de selección para poder crear propiedades, paso 2 en el apartado Card Image se debe seleccionar “PSOLID” debido a que se está trabajando con piezas sólidas, paso 3 ya se selecciona el material anteriormente creado para poder añadir el material respectivo a la pieza seleccionada, cabe mencionar que los materiales creados son de ABS que está representado de color negro, PGLASS representado de color azul

Figure 62

Selección de propiedades



Nota. Creación de propiedades.

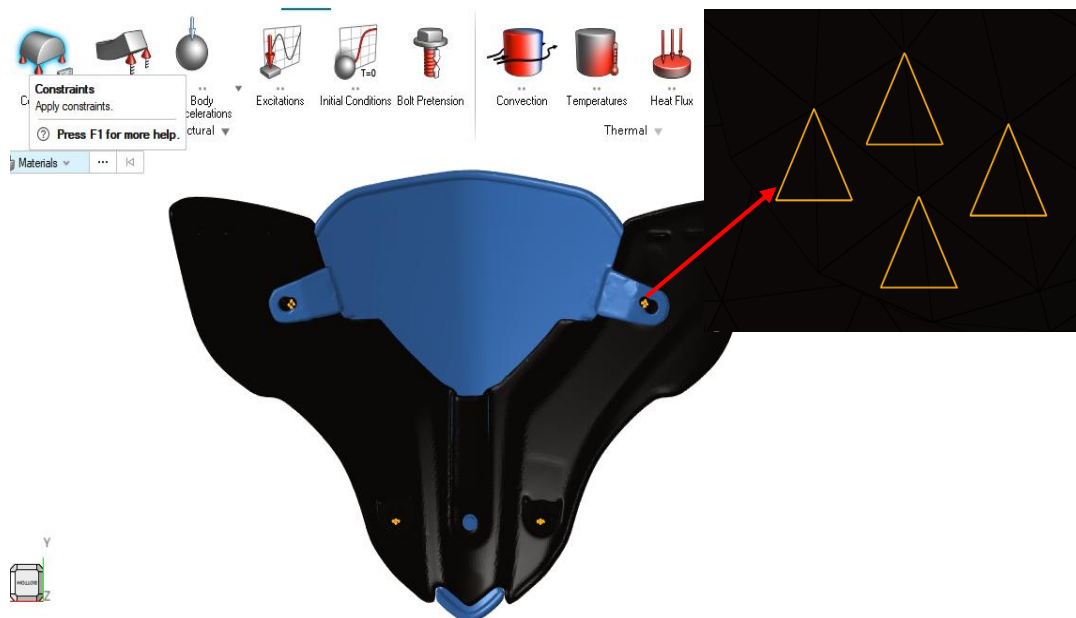
Creación de restricciones

La creación de restricciones en la pieza constituye una etapa necesaria antes de llevar a cabo la simulación de impacto, ya que permite reproducir de forma aproximada las condiciones reales de sujeción que presenta el componente durante su uso. A través de estas limitaciones se controlan los movimientos del modelo. La aplicación de restricciones define la relación de la pieza con los elementos que la soportan o fijan dentro del conjunto, representando puntos de anclaje o apoyo. Esto garantiza que el modelo analizado se mantenga estable y que los resultados obtenidos del análisis estático reflejen de manera coherente el comportamiento estructural del componente frente a cargas constantes.

En la figura 63 esta establecido la creación de restricciones para poder realizar la simulación, la restricción se representaba en la figura de color amarillo las cuales están ubicadas en puntos estratégicos donde están sometidas a sujeción en el contorno real.

Figure 63

Restricciones en la pieza



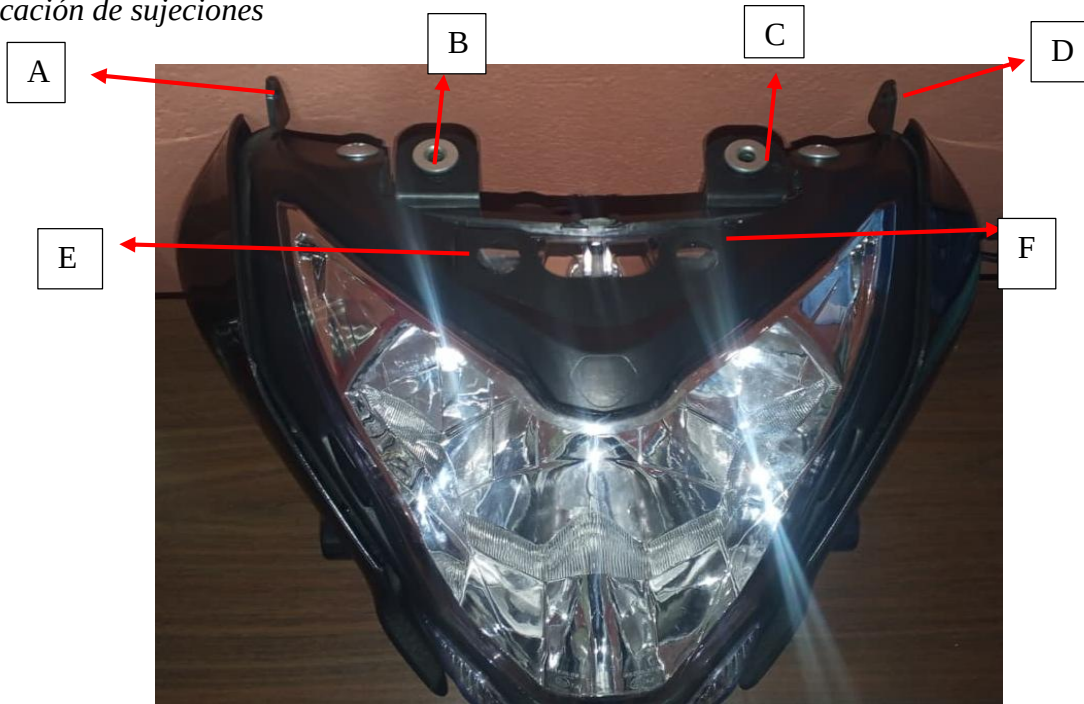
Nota. Ubicación de restricciones.

¿Por qué se coloca las restricciones en los lugares establecidos?

Los puntos claves escogidos para poner las restricciones son las siguientes debido a que es donde va sujeto la pieza a fabricar en el faro principal de la motocicleta, para realizar simulaciones que presenten las mismas características que presenta el faro donde van acopladas y asegurados.

Figure 64

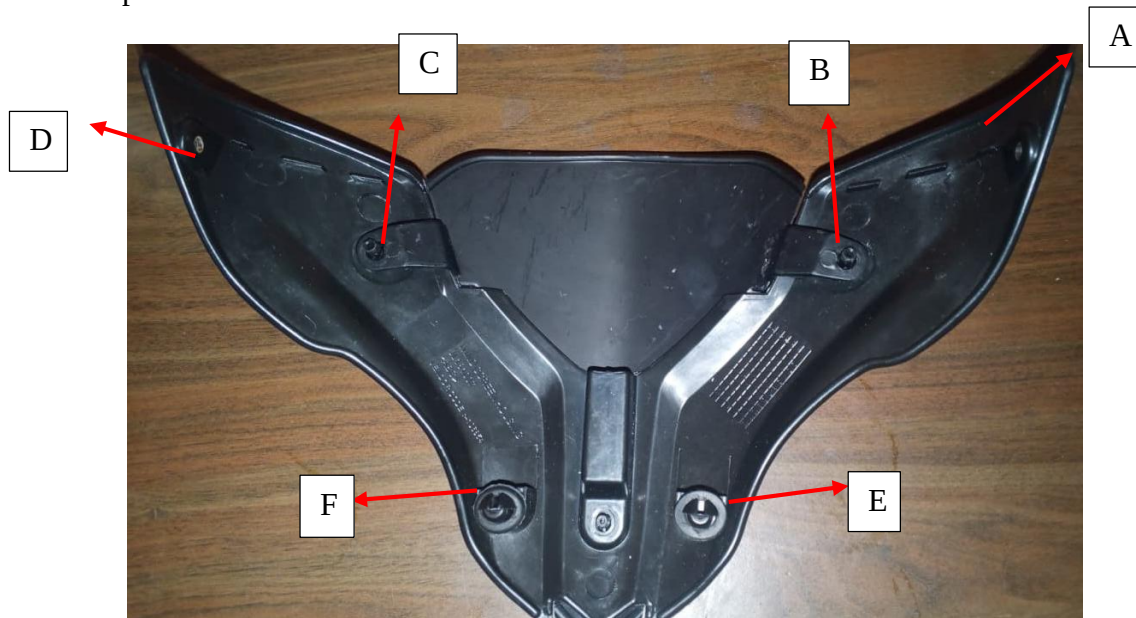
Identificación de sujeciones



Nota. En la figura anterior 64 se observa donde van las restricciones las cuales estan identificadas con letras: a, b, c, d, e, f.

Figure 65

Sujeción de la pieza a fabricar



Nota. La figura 65 representa la pieza a fabricar la cual esta identificada con las letras: A, B, C, D, E, F, las cuales representan donde van sujetas en el faro principal, con ello se pretende aclarar que las uniones son A-A, B-B, C-C, D-D, E-E, F-F.

Simulación de impacto

La simulación de impacto se realizó en SimLab de Altair con el propósito de analizar cómo responde el faro de la motocicleta Pulsar Bajaj NS200 cuando es sometido a cargas dinámicas propias de golpes o vibraciones intensas. El modelo permitió evaluar el desempeño del material P-Glass/ABS frente a un impacto controlado, considerando su capacidad para absorber energía y distribuir tensiones sin generar deformaciones críticas.

A través del análisis dinámico se identificaron las zonas de mayor esfuerzo, se estimó el nivel de resistencia del faro y se verificó si el diseño mantiene su integridad bajo condiciones reales de uso. Los resultados obtenidos sirven como base para validar la aplicación de P-

Glass/ABS en componentes expuestos a solicitaciones mecánicas y orientan futuros ajustes en el diseño e impresión 3D.

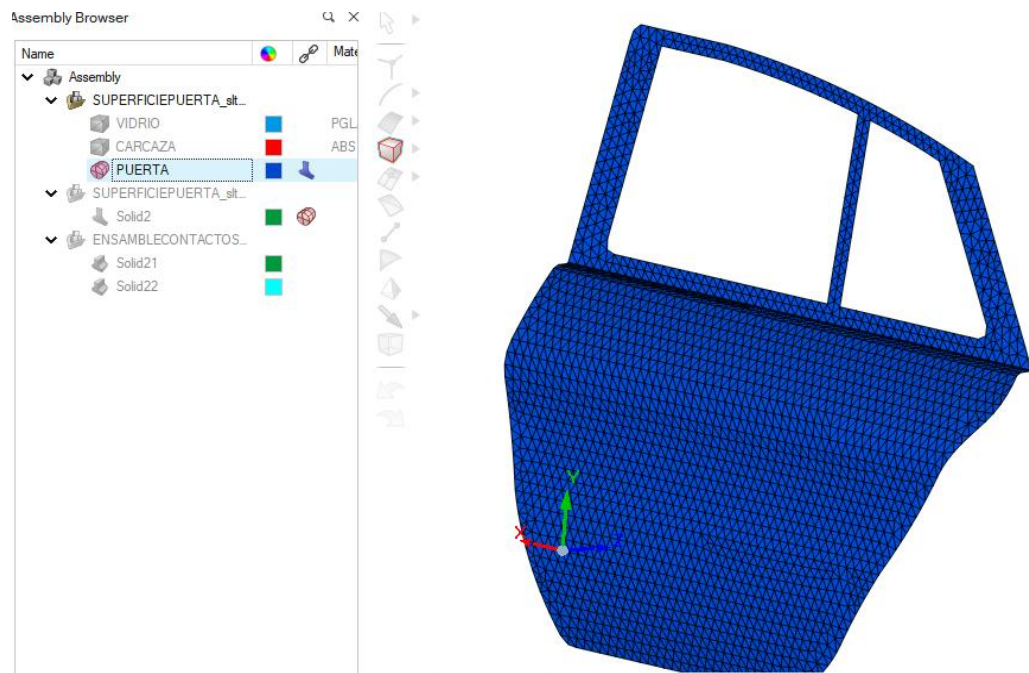
Diseño de la puerta para simulación de impacto

Para realizar simulaciones de impacto en esta investigación se optó por seleccionar una puerta de vehículo en la cual sufrirá el choque de manera frontal, esta puerta estará hecha de aluminio la cual será diseñada en modelo virtual CAD, realizado un mallado apropiado que es tetraedro y está de forma sólida.

A continuación, se puede identificar la puerta diseñada:

Figure 66

Puerta CAD



Nota. En la figura 66 se observa la puerta diseñada para la simulación de impacto ante una pieza de motocicleta.

Configuración de condiciones de carga de impacto con material original PC

El material original de la pieza es PC la parte transparente de la visera y ABS la carcasa por lo cual se procede a realizar una simulación de impacto de manera frontal con las propiedades mecánicas originales y observar su grado de deformación.

A continuación, se describe las propiedades mecánicas para la simulación del PC:

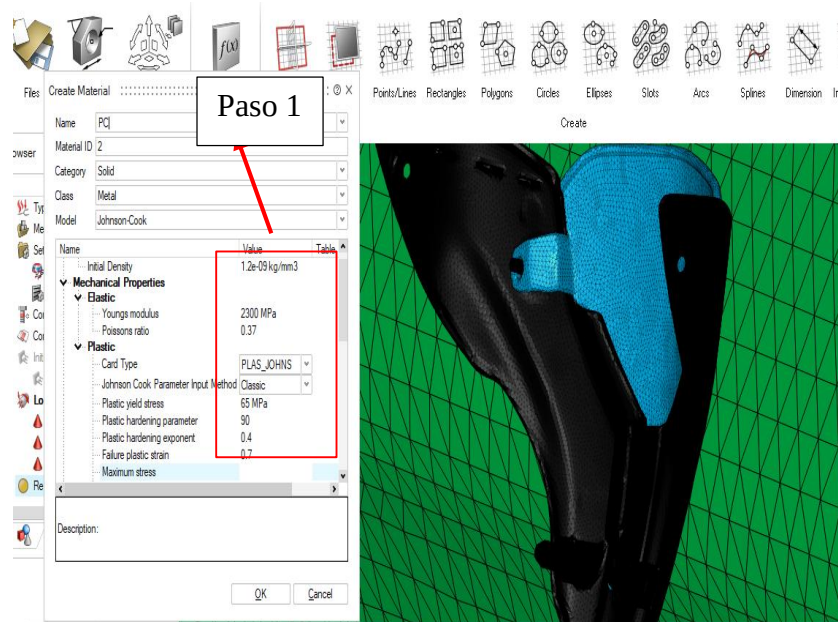
Tabla 14

Propiedades mecánicas para la simulación de impacto

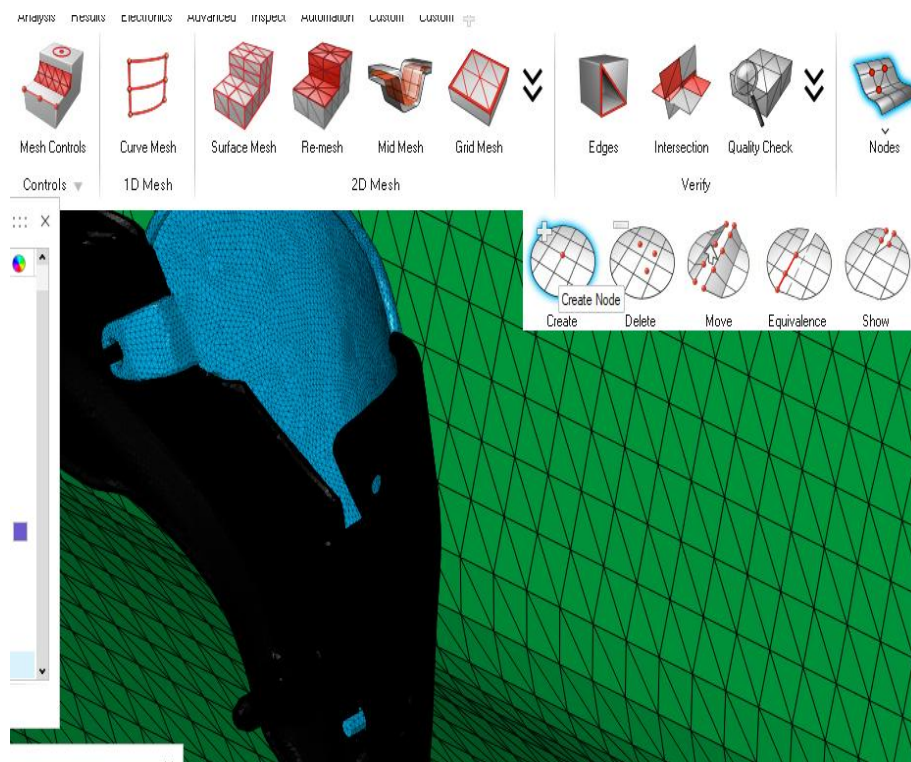
Propiedades	Valor	Unidades
Densidad	1.20×10^{-9}	kg/mm ³
Módulo de Young	2300	MPa
Relación de Poisson	0.37	—
Tipo de modelo plástico	PLAS_JOHNS	—
Método de ingreso de parámetros	Clásico	—
Esfuerzo de fluencia plástica	65	MPa
Parámetro de endurecimiento plástico	90	MPa
Exponente de endurecimiento	0.40	—
Deformación plástica a la falla	0.60 – 0.70	—

Nota. Propiedades mecánicas PC

En la siguiente figura 67 se muestra como se agrega las propiedades del material en la pieza establecida el cual es PC, dicha pieza esta de color celeste para obtener una diferenciación de la otra pieza, cuenta con un mallado tetraedro que es el más apropiado en estas simulaciones de impacto, posee alrededor de 44837 nodos tanto internos como de la superficie, 72096 tri3 y Tet4 17098.

Figure 67*Colocación de valores de PC***Crear nodos para impacto**

En el análisis de impacto realizado, la generación de nodos permite dividir la geometría del componente en puntos donde se calculan las variables dinámicas clave: desplazamientos, velocidades, aceleraciones y tensiones. Esta discretización es esencial para simular correctamente el contacto durante la colisión, capturar cómo se propagan los esfuerzos a través del material y evaluar la capacidad de la pieza para absorber y disipar la energía del impacto, obteniendo así resultados precisos y confiables, se crea 3 nodos los cuales simulan restricciones para que las piezas generen movimientos de desplazamiento.

Figure 68*Creación de nodos*

Nota. La figura 68 hace referencia en creación de nodos los cuales se colocan para obtener restricciones de la pieza.

Impacto de carcasa con ABS contra la puerta del vehículo

En la presente parte se llevará a cabo la simulación de la carcasa la cual está realizada de material ABS, el impacto será de manera lateral frente a la puerta a una velocidad de 60km/h la cual es una velocidad tomada debido a que es una velocidad prudente en la cual los conductores de motocicletas tendrían que transitar a continuación, se detallan los datos de las propiedades mecánicas del ABS que se tomaran a cabo para generar la simulación.

Con los datos que se mencionados en la tabla 15 se procede a insertarlos en la pieza para empezar a realizar la simulación de impacto.

Tabla 15*Propiedades mecánicas para la simulación, material ABS*

NOMBRE	VALOR	Unidades
Initial Density	1.05	Kg/mm3
Youngs modulus	1750	MPa
Poissons ratio	0.38	
Plastic yield stress	41	Mpa
Plastic hardening parameter	50	
Plastic hardening exponent	0.5	
Failure plastic strain	58	

Pasos a seguir para colocar los valores del material**Paso 1**

- Proceso en el cual se crea la opción para generar el material el cual en este caso es el material ABS.

Paso 2

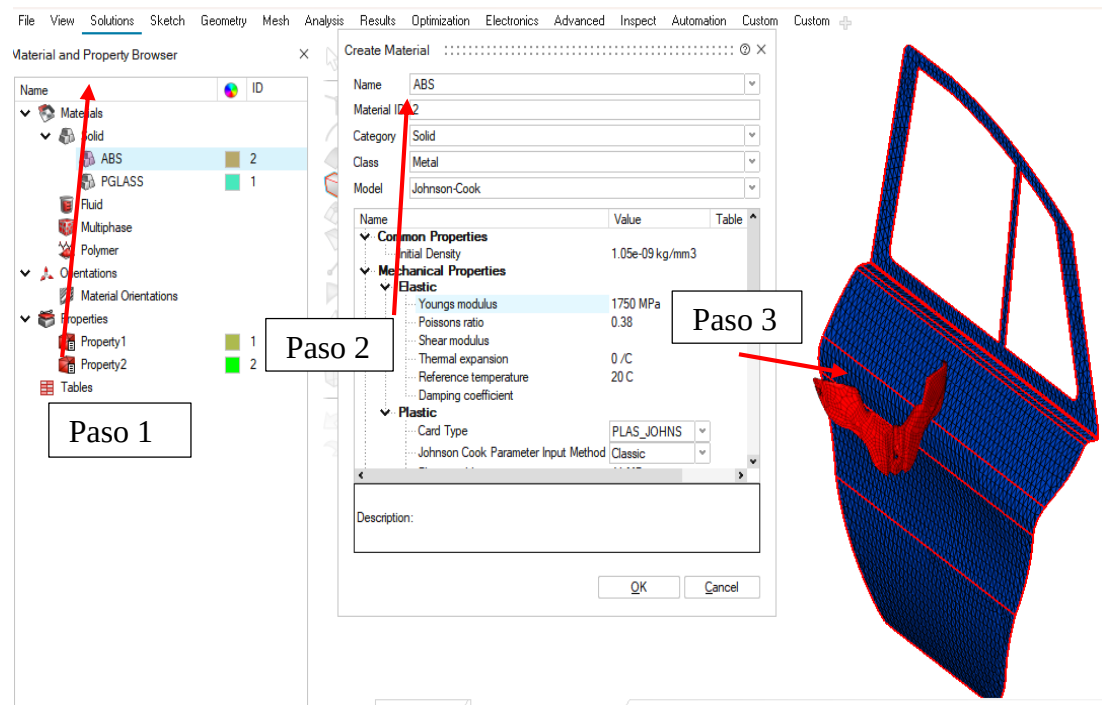
En este apartado se coloca todos los datos anteriores descritos en la tabla número 14 son aquellos valores más importantes que generan alteraciones al momento de la realización de simulación de impacto.

Paso 3

Proceso por cual ya se aprecia la pieza ya sujeta a las propiedades descritas, se observa de color negro como la carcasa que se reflejaría solo la pieza sometida con dicho material al impacto descrito.

Figure 69

Colocación de material ABS



Impacto de la visera con P-GLASS contra la puerta del vehículo

En el presente apartado se representa los pasos a seguir para la realización de simulación de impacto de la visera desarrollada con material P-GLASS, dicha simulación está sometida a un impacto de manera frontal a 60km/h, esta velocidad se tomó en consideración ya que es un rango moderado según lo establecido por la AMT (Manzaba, 2025).

A continuación, en la tabla 16 se describe los valores de las propiedades mecánicas del material P-GLASS que se necesitaran para la simulación de impacto frente a una puerta de un vehículo.

Tabla 16

Propiedades del P-GLASS para la simulación de impacto

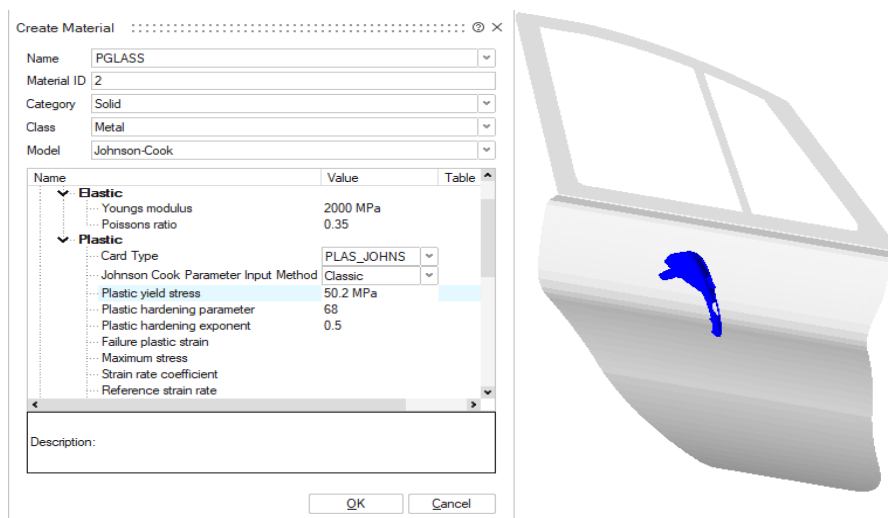
NOMBRE	VALOR	UNIDADES
--------	-------	----------

Initial Density	1.26	kg/mm3
Youngs modulus	2000	MPa
Poissons ratio	0.35	
Plastic yield stress	50.2	MPa
Plastic hardening parameter	56	MPa
Plastic hardening exponent	0.5	
Failure plastic strain	66	

En la figura 70 indica cómo se coloca el material a la pieza con los valores descritos en la tabla anterior 16.

Figure 70

Colocación de valores del material P-GLASS en Simlab



Nota. Valores de las propiedades mecánicas del PGLASS

Velocidad de impacto

El rango de velocidades adoptado para el análisis se estableció entre 50 km/h y 80 km/h, considerando criterios normativos y el comportamiento estructural esperado de la pieza. La velocidad de 50 km/h se definió como el límite inferior de evaluación debido a que representa

una condición mínima relevante de impacto, en la cual comienzan a generarse esfuerzos mecánicos significativos sobre la visera del faro, permitiendo analizar su respuesta estructural sin que se presenten daños permanentes.

Por otro lado, la velocidad de 80 km/h se seleccionó como el límite superior del estudio, ya que corresponde a un escenario de mayor severidad en el que las cargas dinámicas inducidas alcanzan valores cercanos al umbral de resistencia del material, punto a partir del cual pueden iniciarse deformaciones excesivas o concentraciones de esfuerzo que deriven en fisuras o fallas estructurales.

La evaluación dentro de este intervalo permite identificar el comportamiento progresivo del componente desde condiciones operativas seguras hasta estados críticos previos a la rotura, proporcionando información confiable para validar el rediseño y la viabilidad del material P-GLASS/ABS bajo situaciones reales de servicio (Palao, 2025).

Por lo cual dentro del programa Simlab se debe transformar la velocidad de km/h a mm/s. A continuación, se realiza la transformación de unidades:

Ecuación 2

Transformación de km/h a mm/s

$$\frac{50km}{h} = \frac{1000m}{1km} * \frac{1000mm}{1m} * \frac{1h}{3600s}$$

$$v = 50 * \frac{1000 * 1000}{3600s}$$

$$v = 13888.9 \text{ mm/s}$$

La figura 71 corresponde a la colocación de la velocidad la cual se realiza la conversión de unidades debido a que en el software Simlab opera en mm/s por ende 50km/h corresponde a - 16666.7mm/s.

Figure 71*Selección de velocidad*

Initial Condition ☺ ✕

Name

☐ Temperature

☒ Velocity

☒ Uniform

☐ X

☐ Y

☒ Z

☐ Distributed

☐ Pressure

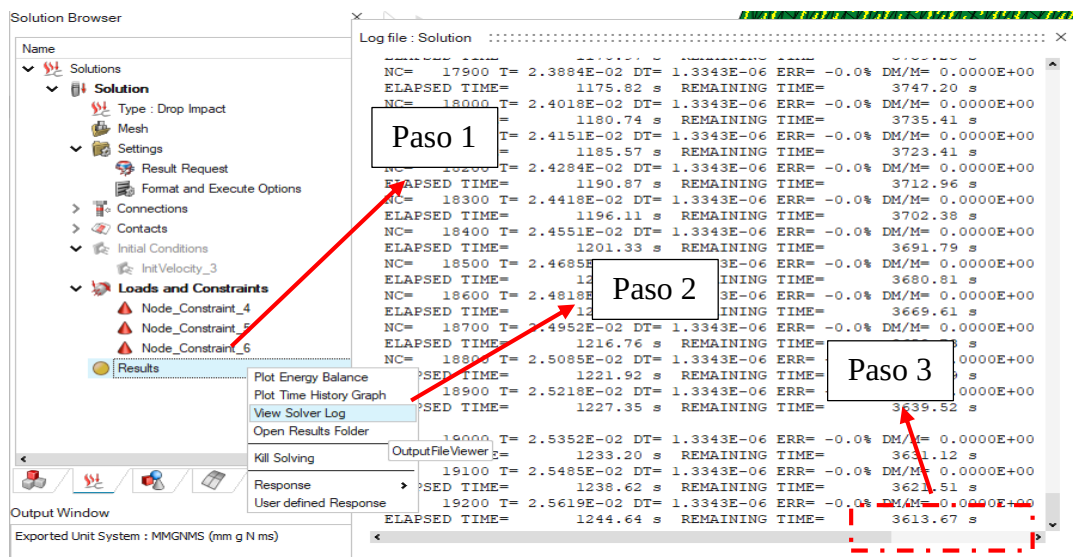
☐ Stress

Nota. Conversión de unidades

Ejecución del proceso de simulación

Es el paso final a seguir para que comience a realizar la ejecución de la simulación, el tiempo de demora puede variar dependiendo el procesador del computador como a la vez el número de contacto de elementos que van a trabajar para la simulación de impacto, es recomendable cerrar todos los programas cuando se va a ejecutar la simulación ya que es una aplicación que demanda mucho esfuerzo del procesador y que no presente lags de la aplicación para que el rendimiento del computador solo se encuentre enfocado en el software Altair Simlab.

La figura 72 representa los pasos para ya ejecutar la simulación, en el paso 1 representa la opción principal que se debe seleccionar la cual se encuentra en el apartado de Solution Browser se debe seleccionar “Results”, paso 2 se despliega un listado de opciones la establecida para la ejecución es “View Solver Log”, realizado estos pasos la simulación ya procede a ejecutarse en el paso 3 indica tiempo transcurrido, tiempo restante en esta parte se observa un tiempo de 3613.67s que en minutos seria 60 mnts.

Figure 72*Ejecución de la simulación*

Nota. Ejecución de la simulación.

Laminador de impresora 3D

Encargado de transformar archivos digitales 3D en códigos G compatibles para ejecutar en la impresora. El software “Ultimaker Cura” el cual segmenta el diseño en capas y permite calcular la trayectoria que seguirá el extrusor durante la fabricación de la pieza. Permite configuraciones de parámetros críticos como espesor de capa, temperatura del material, velocidad de deposición, generación de soportes entre otros. La configuración determinará la calidad final, tanto la resistencia estructural y eficiencia del material en el proceso de fabricación.

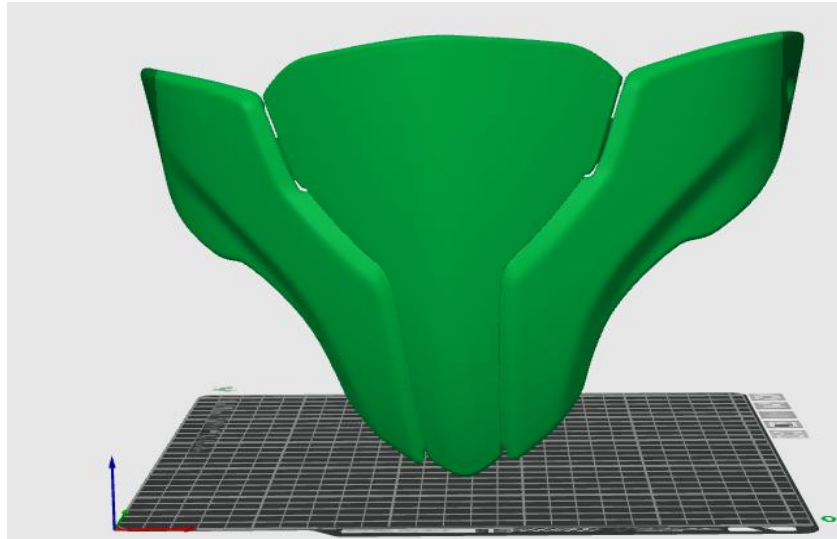
Importación de elemento a imprimir

Durante la importación de la geometría destinada a impresión 3D, resulta fundamental definir correctamente su orientación sobre la cama virtual de la impresora. Dado que el proceso se basa en la deposición de material fundido capa por capa, se procura que la mayor superficie posible de la pieza quede apoyada sobre la base, con el fin de mejorar la estabilidad durante la fabricación y reducir la necesidad de generar soportes adicionales.

La figura siguiente 73 indica el elemento ya importado en el software Ultimaker Cura, el cual se debe colocar de manera correcta es decir que todo el componente este dentro de la placa para una correcta colocación de soportes de impresión

Figure 73

Importación de la pieza

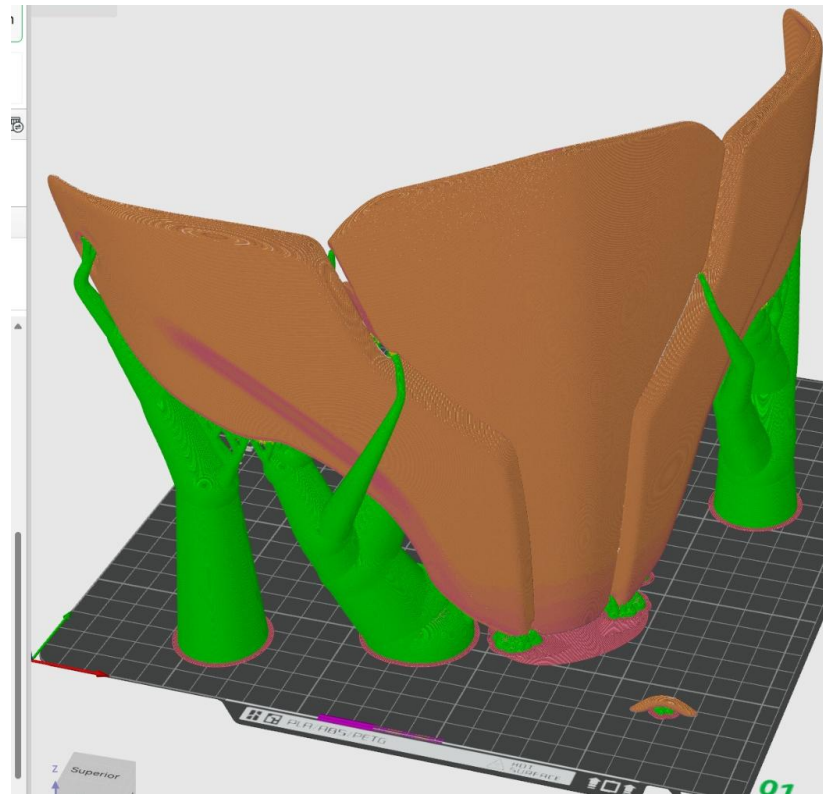


Nota. Pieza importada en Ultimaker Cura

Generación de soportes

La generación de los soportes se configuro automáticamente en forma de árbol con un ángulo umbral de 30 para que la pieza este bien apoyada en los soportes y no presente inconvenientes al momento de estar en proceso de impresión.

La figura 74 siguiente muestra los soportes que están diferenciados de color verde en forma de árboles, los soportes serán fabricados con filamento ABS para su apoyo ante la pieza a imprimir.

Figure 74*Generación de soportes*

Nota. Pieza a imprimir con soportes tipo árbol.

Parámetros de impresión 3D de la visera

Los siguientes parámetros que se indicaran fueron utilizados en investigaciones desarrolladas por: (Phd. Diana Peralta), en la cual presenta todos los indicadores necesarios para llevar a cabo el presente desarrollo de investigación.

La tabla 17 indica los parámetros que se tiene que seguir para la impresión de la pieza, la cual presenta información como la temperatura con la que se debe imprimir, velocidad, altura de capas para poder obtener una pieza correcta, esta información fue compartida por (Peralta & Valle, 2024)

Tabla 17

Condiciones de los parámetros de materiales para el proceso de la realización de la visera

Parámetros	
Temperatura de impresión	240°C
Temperatura de la placa de impresión	80°C
Flujo	98%
Flujo de capa inicial	98%
Flujo de capa inicial	98%
Temperatura en modo de espera	240°C
Altura de capa	0.2mm
Altura de capa inicial	0.3mm
Velocidad de impresión	45 m/s
Numero de capas más lentas	0
Proporción de ecualización de flujo	100%

Tipos de rellenos a simular

Se procede a realizar distintas simulaciones de impresión con cada uno de los rellenos descritos a continuación: Cubico, Subdivisión Cubica, Cubico Bitruncado, Octeto, Giroide, los cuales serán sometidos a los mismos parámetros con un relleno del 100% de densidad con material PGLASS/ABS, observar el tiempo de duración de cada uno y la cantidad de filamento necesaria.

Relleno cubico

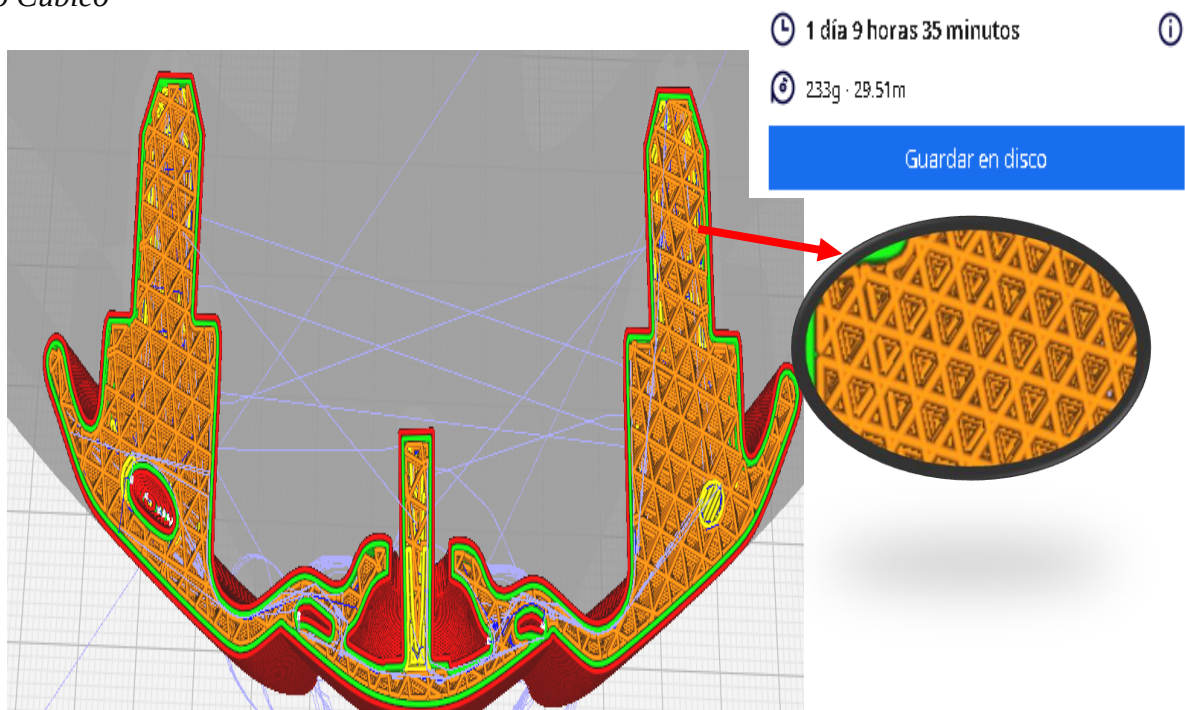
Consiste en una estructura interna uniforme que distribuye el material de manera regular dentro de la pieza. Esta configuración permite que las cargas aplicadas se repartan de forma equilibrada, mejorando la estabilidad y la rigidez del componente impreso.

Este tipo de relleno es adecuado para piezas que requieren un comportamiento mecánico consistente, ya que contribuye a una respuesta estructural más homogénea frente a esfuerzos durante su uso.

La figura anterior 75 representa el tipo de mallado cubico en el que está presente en la visera de la motocicleta el cual está a 50% de densidad y al momento de realizar la impresión tiene una duración aproximada de 1d 9h y 35 mnts y se utilizara 233g de filamento que vendría hacer 29.51m que se necesitara para la realización de la impresión.

Figure 75

Relleno Cubico



Relleno con Subdivisión Cubica

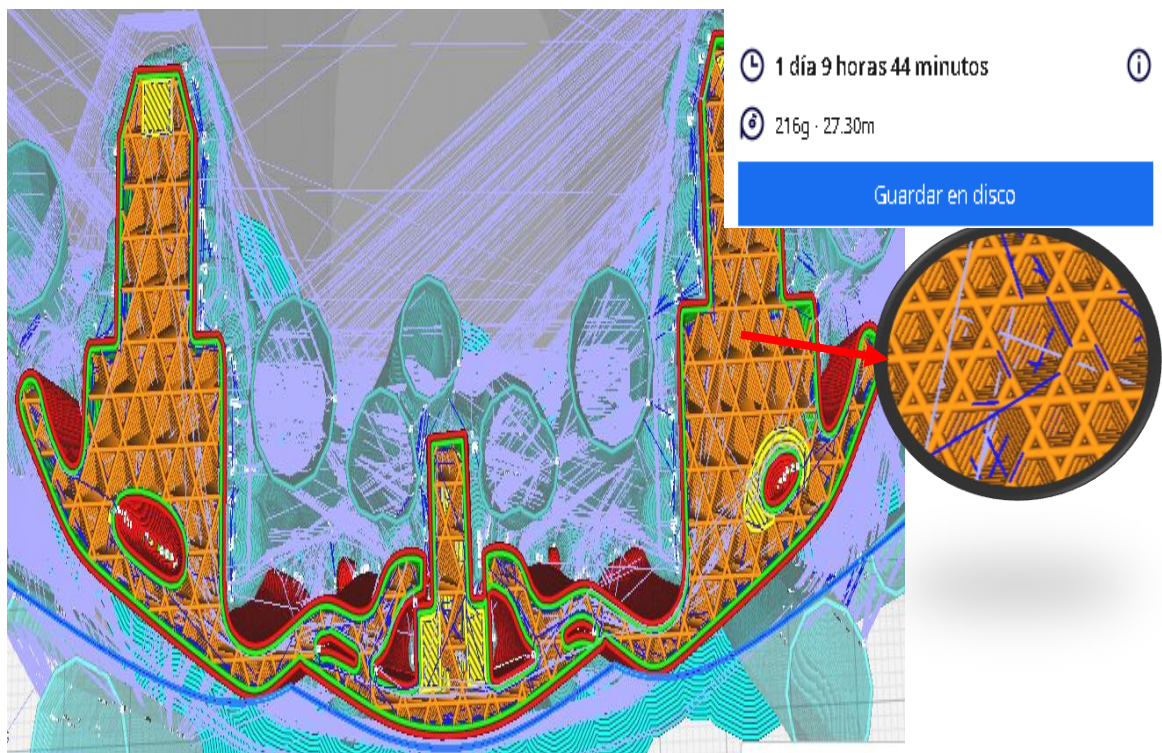
Se basa en una estructura interna formada por cubos de menor tamaño, lo que permite una distribución más uniforme del material dentro de la pieza. Esta configuración mejora la continuidad interna y reduce la presencia de zonas débiles.

Gracias a esta subdivisión, el relleno ofrece una mejor respuesta frente a cargas mecánicas, proporcionando mayor estabilidad estructural y un comportamiento más regular durante el uso del componente impreso.

La figura 76 muestra el estilo de relleno como está estructurado el relleno de tipo subdivisión cubica a una densidad del 50% la cual da como finalidad un tiempo de impresión de 1d 9h y 44mnts, con una estimación de uso de filamento de 216gr que equivaldría a 27.3m.

Figure 76

Subdivisión Cubica



Relleno Cubico Bitruncado

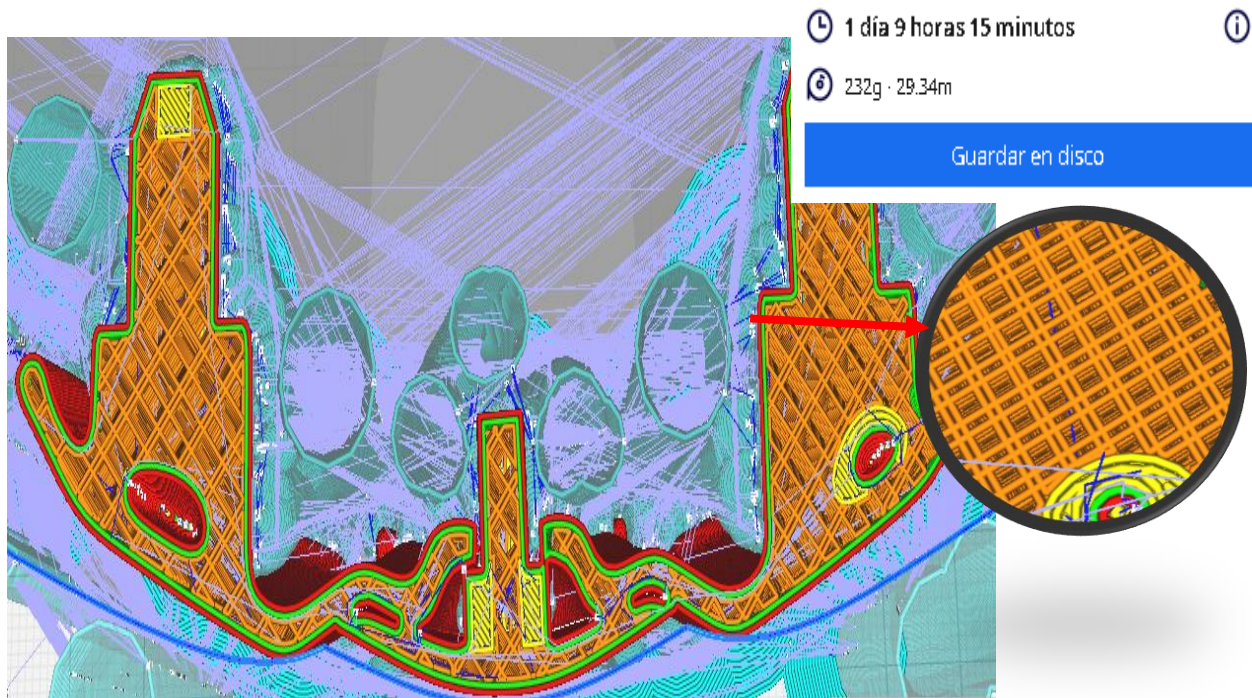
Utiliza una estructura interna formada por celdas geométricas que permiten repartir el material de manera más uniforme dentro de la pieza. Esta forma interna ayuda a que las cargas aplicadas se distribuyan mejor, evitando concentraciones de esfuerzo en zonas específicas.

Este tipo de relleno proporciona una buena estabilidad estructural y un comportamiento mecánico más equilibrado, por lo que es adecuado para piezas que necesitan resistencia constante durante su uso.

La figura 77 indica la estructura interna en forma de rombos en la cual presenta el tiempo de impresión estimado de 1d 9h y 15mnts con un gasto de material de 232gr que equivale a 29.34m.

Figure 77

Cubico Bitruncado



Relleno tipo Octeto

Está formada con una estructura interna compuesta por elementos geométricos repetitivos que se conectan entre sí, formando una red continua dentro de la pieza. Esta disposición permite

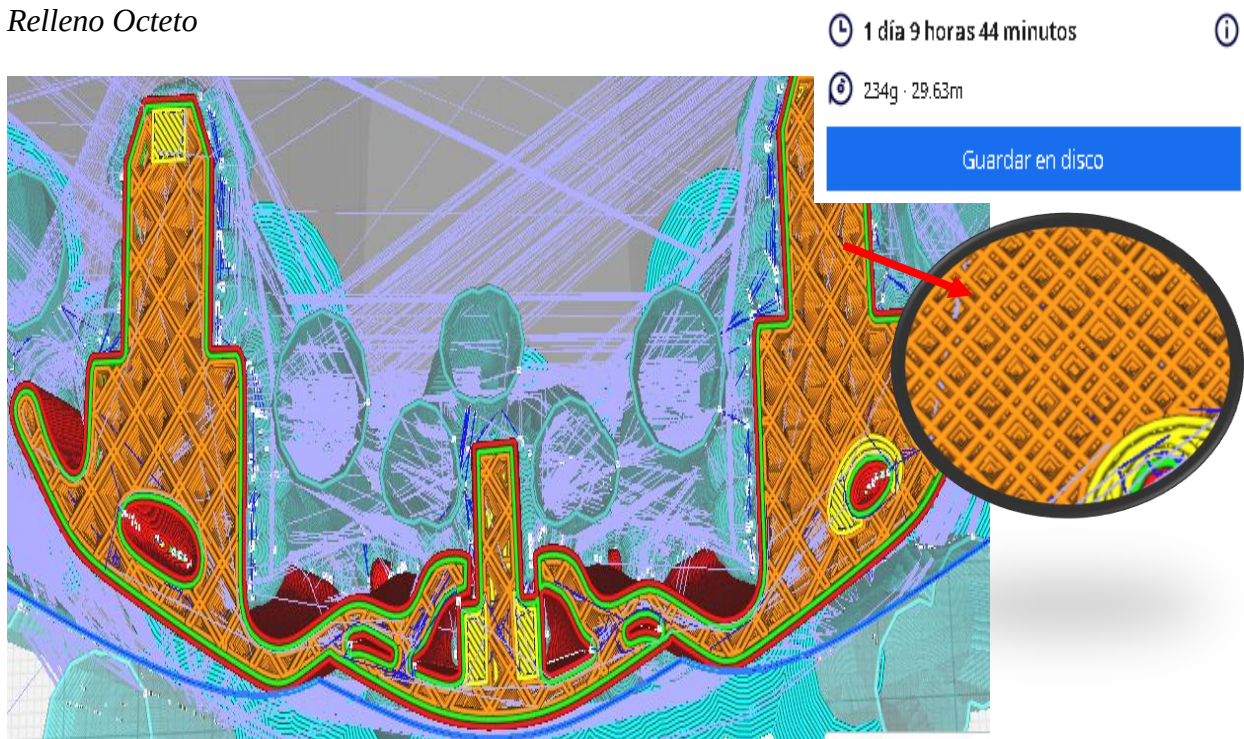
que el material se distribuya de manera uniforme, ayudando a que las cargas aplicadas se repartan de forma equilibrada.

Gracias a esta configuración, el relleno contribuye a una mayor estabilidad estructural y a un comportamiento mecánico más regular, evitando zonas de alta concentración de esfuerzo durante el funcionamiento del componente impreso.

La figura 78 demuestra el relleno interno de la pieza al momento de realizar la impresión, en la cual demuestra el tiempo de impresión que está estimado en 1d 9h y 44mnts con un uso de filamento de 234gr o 29.63m.

Figure 78

Relleno Octeto



Relleno Tipo Giroide

Presenta una estructura interna continua formada por patrones ondulados que se extienden de manera uniforme en todo el interior de la pieza. Esta geometría sin aristas definidas

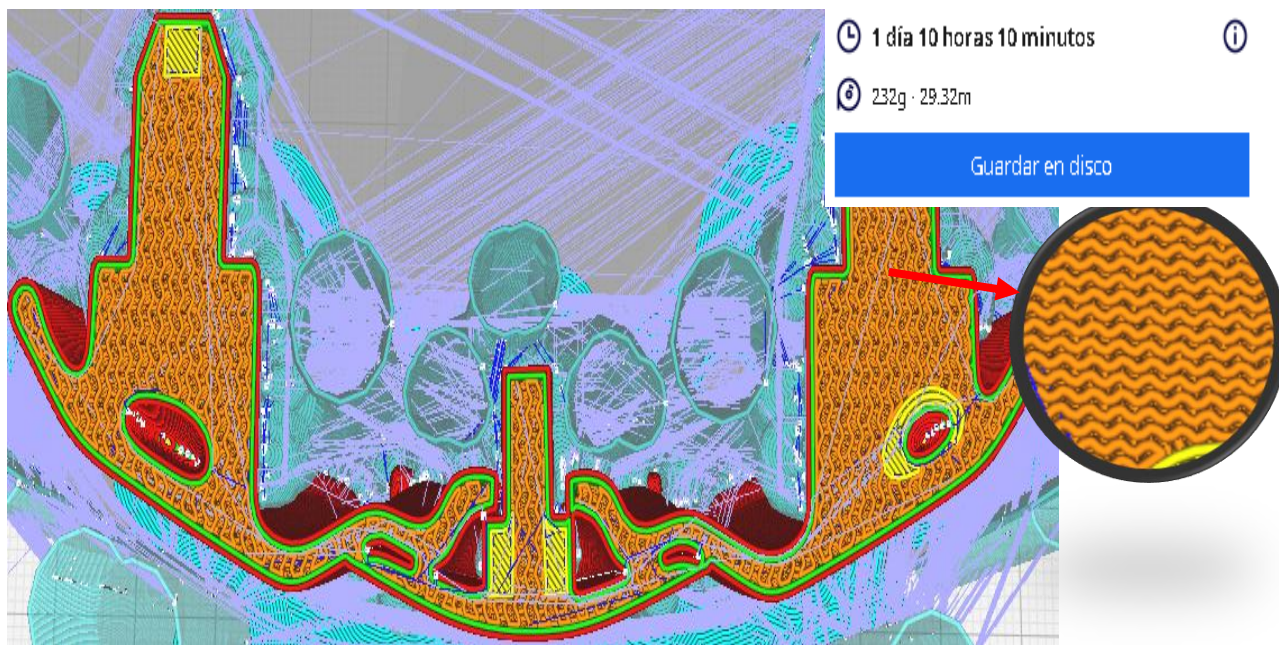
permite que el material se conecte de forma constante entre capas, generando una estructura interna estable y bien distribuida.

Debido a su forma curva y continua, el relleno giroide facilita un reparto más homogéneo de las cargas mecánicas, reduciendo la aparición de concentraciones de esfuerzo. Esto contribuye a un comportamiento estructural más uniforme de la pieza impresa durante su uso.

La figura 79 muestra la forma del relleno de la pieza la cual es de forma ondulada, en la cual indica el tiempo estimado de impresión de 1d 10h y 10mnts con un gasto de material de 232gr o 29.32m.

Figure 79

Relleno Giroide



Adecuación de filamentos en impresora

Previo al inicio de la impresión, se procedió a instalar los filamentos en la impresora 3D, verificando que el material quedara correctamente ubicado en el sistema de alimentación. Este

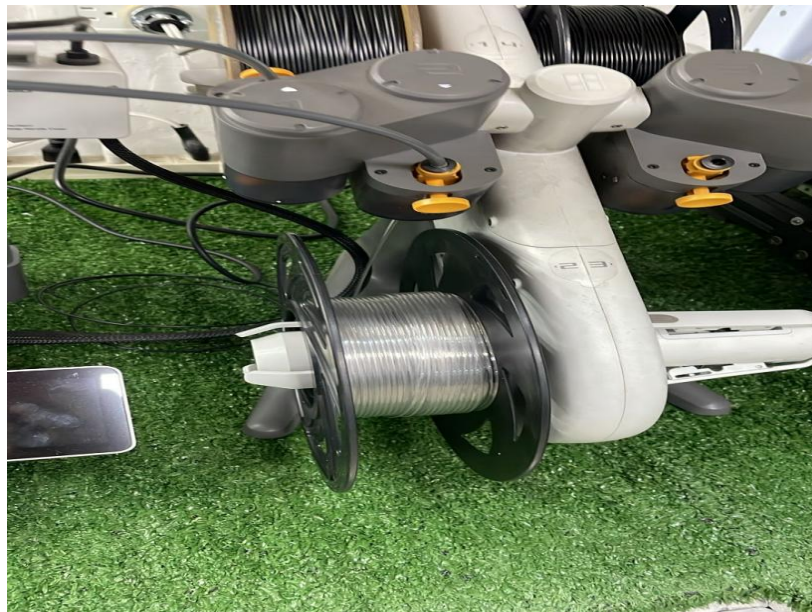
paso permitió asegurar un flujo continuo del filamento hacia el extrusor durante todo el proceso de fabricación.

Una correcta colocación del filamento es necesaria para evitar fallas durante la impresión y garantizar una deposición uniforme del material, lo cual influye directamente en la calidad final de la pieza impresa. Con este procedimiento se establecieron las condiciones adecuadas para ejecutar la impresión conforme a los parámetros definidos.

La imagen siguiente 80 representa la instalación de los filamentos establecidos para la fabricación de la pieza, los cuales deben estar bien colocados para evitar obstrucciones al momento de la impresión.

Figure 80

Instalación de filamentos



Nota. Colocación de Filamentos para la impresión.

Fabricación del elemento 3D

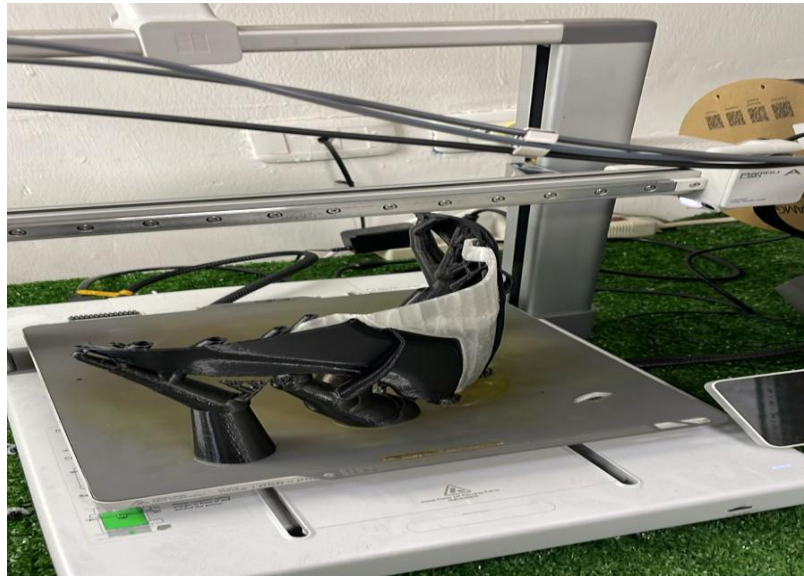
Una vez ya finalizado los procedimientos para una correcta impresión se procede a imprimir en la cual la pancha debe estar a una temperatura de trabajo de 80°C para que la

impresión presente una correcta adherencia en la placa y esté sujeta tanto con ayuda de los soportes.

La figura 81 muestra el proceso de impresión en la cual se ve reflejado la pieza en un 60% de su fabricación, con unos soportes bien definidos y a una velocidad correcta.

Figure 81

Impresión de la pieza



Nota. Impresión de la pieza en 60%.

Prueba de transmitancia

Finalmente, una vez la pieza ya impresa se procede a realizar una prueba de transmitancia con ayuda de un luxómetro digital modelo HP-881A, el cual fue adquirido por la Universidad Internacional SEK para sus posteriores investigaciones, cuenta con 3 tipos de mediciones las cuales son de 2000-20000-50000lux.

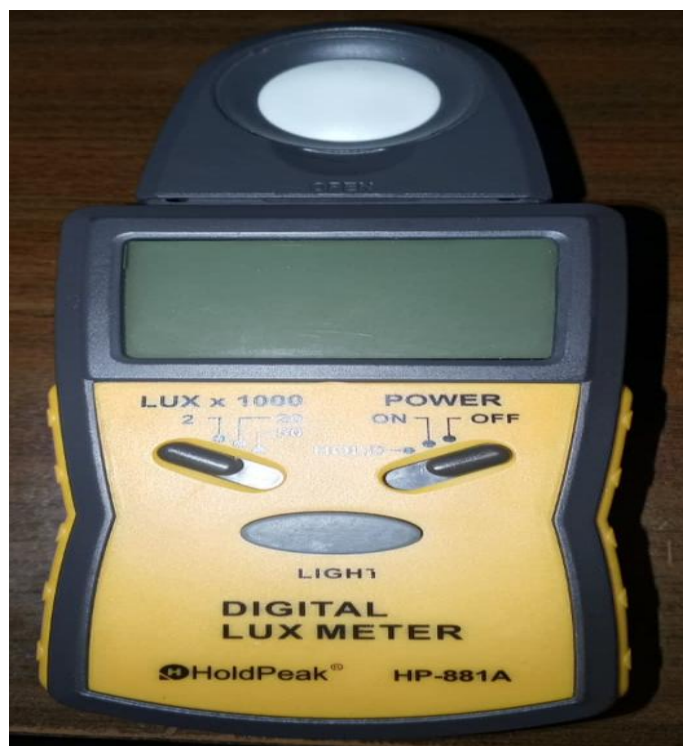
En la siguiente tabla 18 indica las especificaciones del luxómetro digital:

Tabla 18

Especificaciones Luxómetro HP-881A

Product Specification	
Measurement range	2000, 20 000, 50 000 Lux
Accuracy	$\leq 10\,000$ Lux: $\pm 4\%$ rdg $\pm 0.5\%$ f.s
	$\geq 10\,000$ Lux: $\pm 5\%$ rdg
Relative humidity	Relative humidity: $< 70\%$ RH

En la siguiente figura 82 se observa el luxómetro utilizado para realizar la prueba de transmitancia tanto en la pieza original como en la alterna impresa en 3D para realizar una comparativa de la cantidad de luz que traspasa.

Figure 82*Luxómetro Digital*Nota. Modelo HP-881^a

Medición de transmitancia en motocicleta

Se realiza la prueba de transmitancia en la motocicleta pulsar NS200 encendiendo luces altas para proceder a la toma de lectura con ayuda del luxómetro digital.

Como primer paso se coloca el luxómetro sobre el faro con las luces encendidas, en la siguiente figura se indica la medición realizada hacia el faro, con el luxómetro colocado en un rango de 50000 lux.

Figure 83

Medición en faro principal



Nota. Medición obtenida 1061*100 lux.

Medición realizada con visera original

A continuación, se realizara mediciones de transmitancia en los 3 rangos presentes del luxómetro: 2000-20000-50000 lux, con las luces altas activadas para determinar que pieza posee mejor transmitancia luminosa.

En la siguiente figura indica la cantidad de luz que traspasa: en el literal (a) en un rango de 2000 lux, la cantidad supero el límite, literal (b) a 20000 lux la cantidad fue de 1020*10 lux y literal (c) a 50000lux cantidad entregada fue de 055*100 lux.

Figure 84*Medición en visera original*

(a)



(b)



(c)



Nota. Medición en pieza original PC/ABS

Medición en pieza impresa en 3D alterna

En este apartado se realiza las mediciones con los 3 rangos establecidos por el luxómetro en el cual se procede a realizar la medición con luces altas activas y acercando el sensor del luxómetro en la pieza transparente fabricada con material PGLASS.

En la siguiente figura indica las mediciones obtenidas en la prueba: literal (a) de 2000lux sobrepaso el límite, literal (b) de 2000lux la cantidad obtenida fue de 1567×10 lux y literal (c) de 5000lux el valor fue de 142×100 lux.

Figure 85*Medición en pieza alterna*

(a)



(b)



(c)



Nota. Mediciones en pieza fabricada PGLASS/ABS.

Resultados

En este apartado se llevará a cabo los resultados de cada uno de los objetivos planteados en este proyecto de titulación, iniciando con el escaneo, rediseño de la pieza, simulaciones de impacto tanto con el material original como alterno, análisis estático, fabricación y su prueba de transmitancia.

Validación de la pieza original con la pieza escaneada

Piezas escaneadas

La figura demuestra el elemento digitalizado y refinado, generado mediante técnicas de ingeniería inversa, que posibilitaron la reconstrucción virtual de la geometría física con dimensiones equivalentes al componente original. Este archivo digital se encuentra adecuadamente configurado y preparado, resultando apropiado para su implementación en los análisis mecánicos computacionales contemplados en esta investigación.

Posteriormente a la captura tridimensional de los elementos físicos, se empleó el programa Geomagic Design (3D, s.f.) para el tratamiento, limpieza y conversión digital de la geometría capturada. En esta fase, el conjunto de puntos espaciales generado se transformó en un modelo volumétrico coherente mediante la generación de. El programa Geomagic Design funciona bajo licenciamiento comercial para acceder a su funcionalidad completa; no obstante, se utilizó una versión de prueba destinada a fines educativos, accesible para el ámbito universitario, la cual facilitó ejecutar satisfactoriamente la reconstrucción geométrica, visualización y verificación del modelo virtual. Como producto de este procedimiento, se logró un componente digital completamente especificado, que constituye una base confiable para las fases subsecuentes de simulación mediante el método de elementos finitos y evaluación estructural, según se observa en la figura 83.

Figure 86*Visera de vidrio*

(a)



(b)



Nota. En la figura 86 (a) se observa la pieza original del material plástico (PC); en la figura 86 (b) se observa la visera resultante del proceso digitalizado.

Figure 87*Carcasa de la pieza*

(a)



(b)



Nota. La figura 87 (a) representa la carcasa original la cual está fabricada del material ABS, en la figura 87 (b) se observa la carcasa resultante pos procesada en formato STEP con las dimensiones reales.

En los **Anexos** 1 y 2 se puede observar las cotas con las medidas reales obtenidas mediante el software Inventor, dichas medidas están establecidas en mm, tanto de la carcasa como de la visera.

Integración de componentes y obtención del modelo final

En esta fase del estudio se ejecutó la integración digital de ambas piezas previamente modeladas, con el propósito de conformar un componente único que represente la geometría completa de la visera superior del faro. La operación se realizó garantizando la correcta alineación geométrica y continuidad de superficies entre ambas secciones, evitando discontinuidades o interferencias que pudieran comprometer el desempeño estructural del ensamble.

El proceso de integración permitió verificar la compatibilidad dimensional entre las piezas y la correcta correspondencia de las zonas de contacto. Como resultado, se obtuvo un modelo unificado y continuo que preserva las dimensiones y características geométricas requeridas para el posterior análisis mecánico y manufactura aditiva.

La conformación del componente final demostró una apropiada integración entre las secciones, permitiendo disponer de un modelo digital funcional y coherente, apto para su utilización en las etapas subsecuentes de simulación por elementos finitos y validación del prototipo fabricado en P-GLASS/ABS.

Figure 88*Pieza original y rediseño*

(a)



(b)



Nota. En la figura 88 (a) se observa la pieza original acoplada esta pieza está fabricada de ABS/PC, la figura 88 (b) representa la pieza rediseñada la cual se encuentra unida y forma una sola pieza, será pos procesada por material PGLASS/ ABS.

Simulación de impacto frontal de la visera con PC/ABS

La figura muestra los resultados del análisis de colisión contra una puerta realizado con el software Altair SimLab, donde se evalúa cómo se distribuyen las tensiones de Von Mises en la cubierta superior del faro fabricada en PC y ABS con una velocidad de 50km/h. La escala muestra que la tensión máxima alcanza aproximadamente es 356.45MPa, mientras que el valor mínimo es 0 MPa.

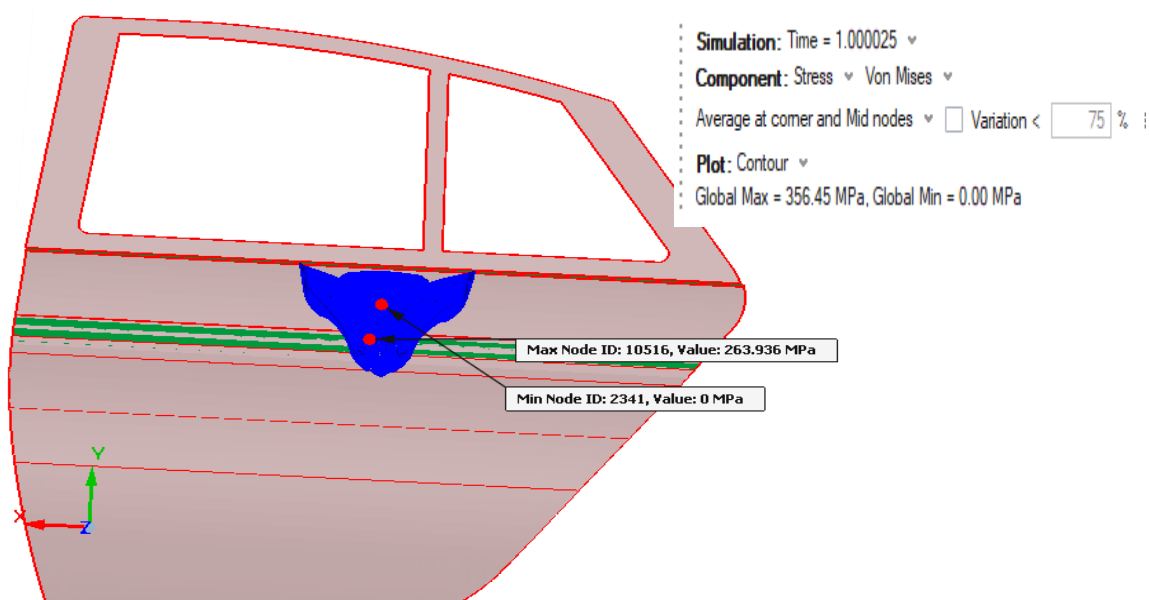
Las tensiones más altas, entre 129.62MPa y 356.45MPa, aparecen principalmente en la zona donde la puerta golpea directamente el faro, mostradas en colores verde y amarillo, identificando el punto donde se transfiere la mayor parte de la energía del impacto.

Las áreas cercanas a la zona de contacto muestran tensiones intermedias, aproximadamente entre 226.83 MPa y 324.04MPa, lo que demuestra que los esfuerzos se van distribuyendo gradualmente hacia otras partes del componente. Por otro lado, la mayor parte de la estructura presenta tensiones bajas, menores a 32.4 MPa, representadas en tonos azules, indicando que estas zonas prácticamente no se afectan durante el impacto.

En general, los valores obtenidos demuestran que el policarbonato distribuye adecuadamente las tensiones mecánicas, evitando concentraciones peligrosas que podrían dañar la estructura del componente. Este comportamiento confirma que el material es capaz de absorber y redistribuir eficientemente la energía generada durante la colisión con la puerta, manteniendo las tensiones en niveles seguros para este tipo de aplicación.

Figure 89

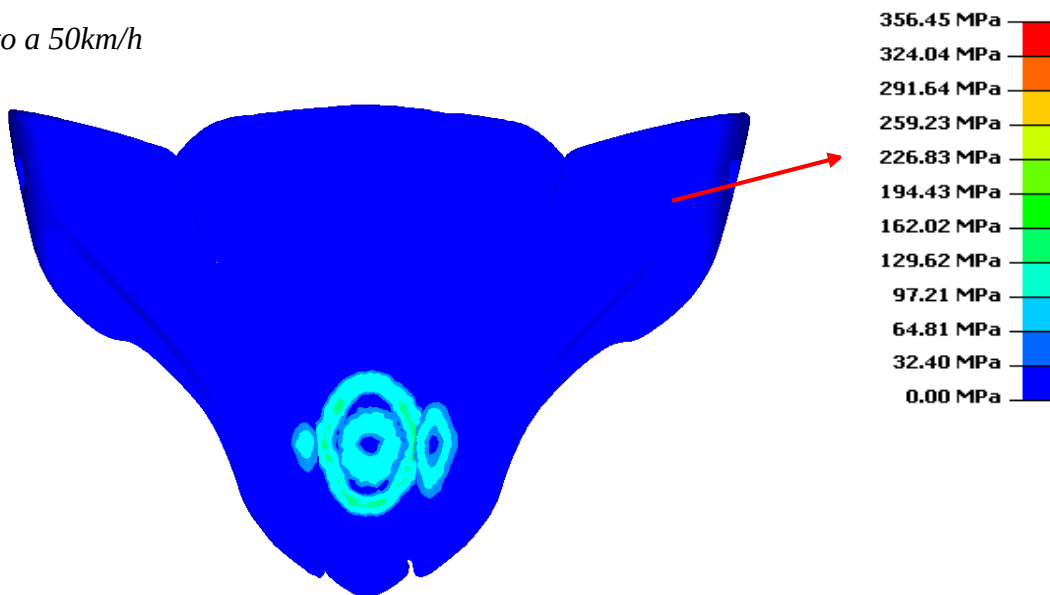
Impacto frontal PC/ABS



Nota. En la figura 89 se observa el impacto de forma frontal contra una puerta con el material original, en el cual se ve reflejado los limites max. como min, que puede soportar la visera de la motocicleta.

Figure 90

Impacto a 50km/h



Nota. La escala presentada muestra los valores de esfuerzo generados en la pieza al ser sometida a una carga de impacto, considerando como material base el polímero ABS. Los resultados se expresan en mega pascales (MPa) y reflejan la magnitud de las sollicitaciones mecánicas que se desarrollan en la estructura durante el evento dinámico.

Simulación de impacto en la visera con material PC/ABS a 80km/h

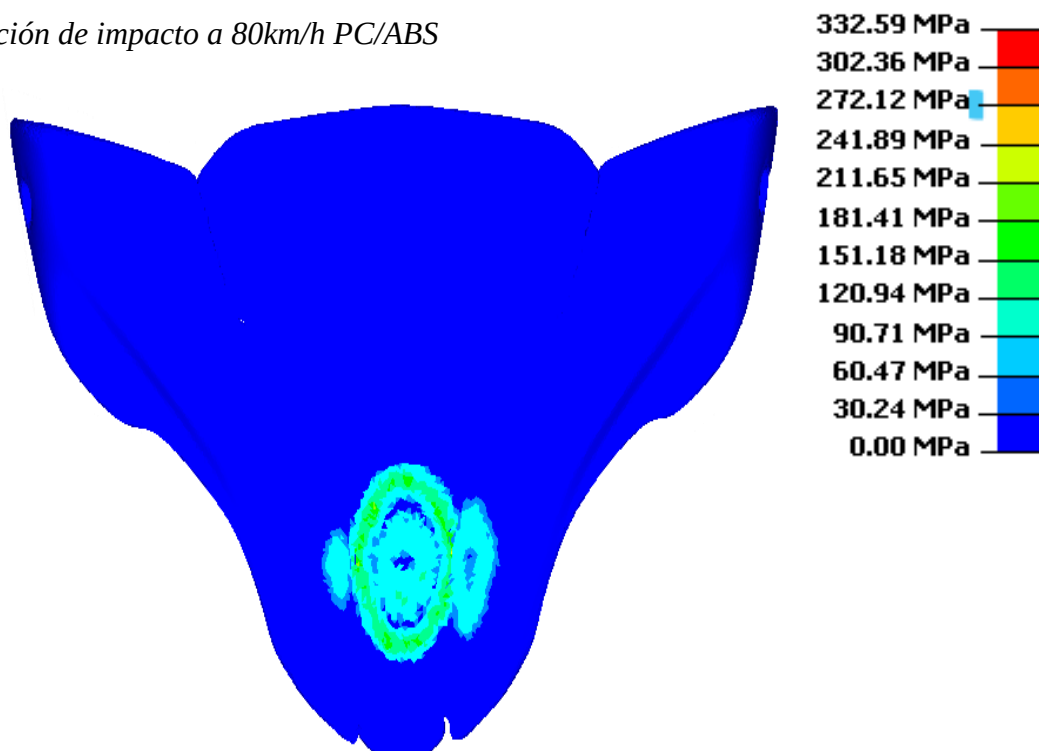
Se realiza simulaciones de 50 y 80km/h las cuales se tomó como información en el sistema Euroncap ya que se basan en simulaciones de impacto para determinar límites máximos de deformación en materiales plásticos.

En este apartado se realiza simulación de impacto frontal a 80km/h para identificar el límite máximo de deformación con material original.

En la siguiente figura 91 se muestra los límites máximos y mínimos de deformación con la ley de Von Mises.

Figure 91

Simulación de impacto a 80km/h PC/ABS

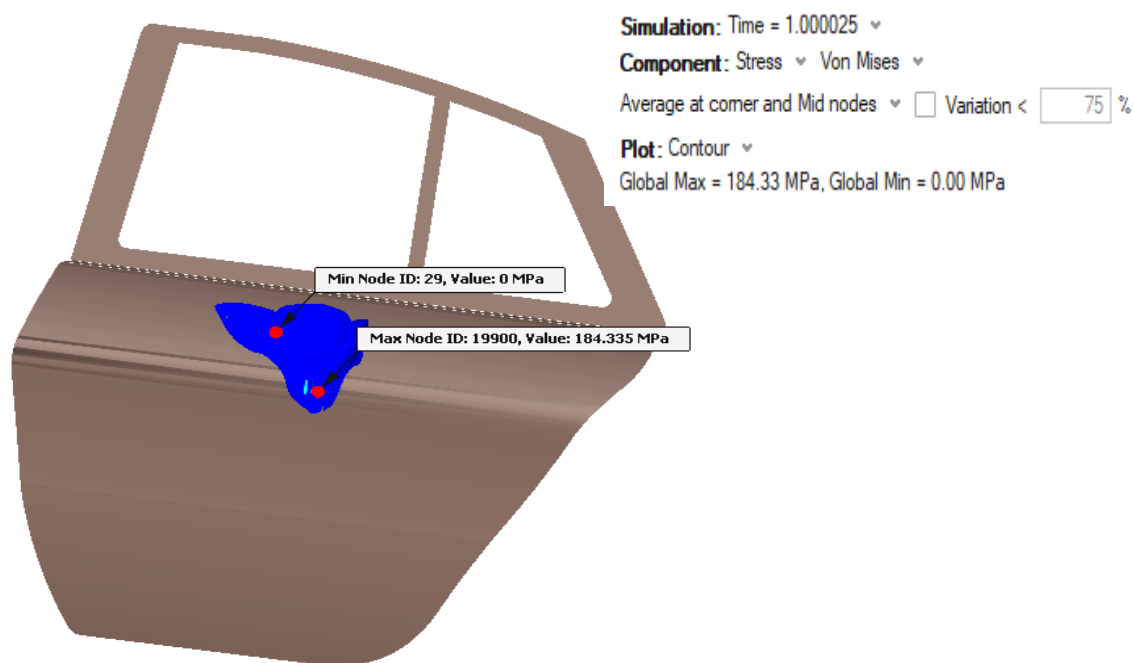


Nota. La imagen analizada presenta el comportamiento mecánico de la pieza frente a una condición de impacto, considerando el material PC/ABS sometido a 80km/h en la cual se identifica un límite máximo de deformación de 332.59MPa, que se representa en la parte central del impacto.

Simulación de impacto frontal PGLASS/ABS

Con un mallado de 2mm, velocidad de 50km/h transformada a 13888.9mm/s debido a que el software permite en mm/s se realiza simulaciones frontales con el material alternativo para poder analizar los límites máximos de deformación.

Los resultados revelan un esfuerzo máximo de 184.33 MPa y un valor mínimo de 0 MPa, evidenciando una distribución heterogénea de las tensiones sobre el componente.

Figure 92*Impacto frontal PGLASS/ABS 50Km/h*

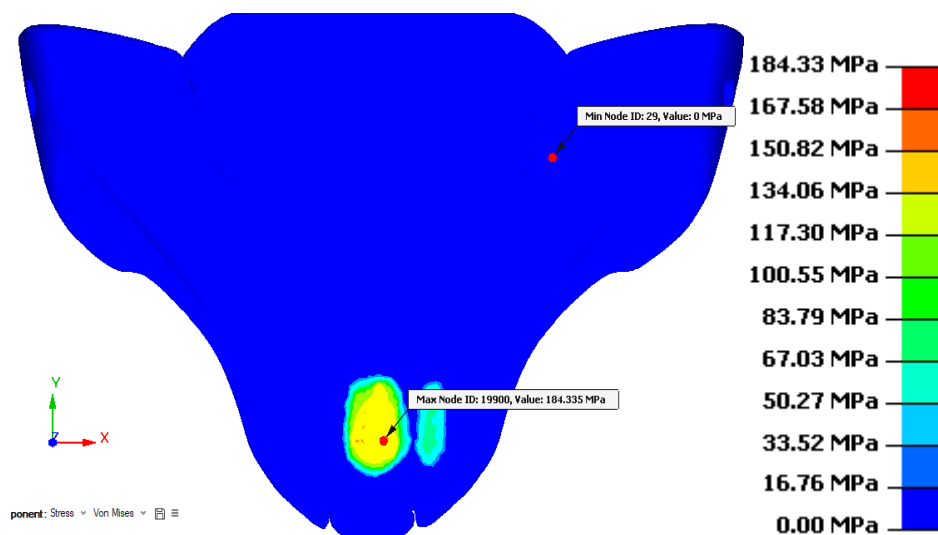
Las áreas circundantes a esta zona crítica presentan tensiones intermedias, entre 150.82 MPa y 83.79MPa, mostradas en colores verdes y amarillos. Esta gradación refleja cómo los esfuerzos se propagan progresivamente desde el punto de mayor concentración hacia el resto de la estructura.

La mayor parte del componente exhibe valores reducidos de esfuerzo, inferiores a 50.27 MPa, representados en tonos azules, lo cual indica que estas regiones no se ven significativamente afectadas por el impacto en este instante. Este comportamiento demuestra que la respuesta estructural permanece localizada, permitiendo al PGLASS/ABS absorber y redistribuir la carga sin generar niveles críticos de tensión en la mayoría de la pieza.

En síntesis, estos resultados permiten evaluar la magnitud y ubicación de los esfuerzos inducidos por el impacto, proporcionando información valiosa para analizar el desempeño mecánico del material bajo condiciones dinámicas.

Figure 93

Código de colores PGLASS/ABS



Nota. Impacto frontal a 50km/h

Simulaciones de impacto frontal PGLASS/ABS a 80km/h

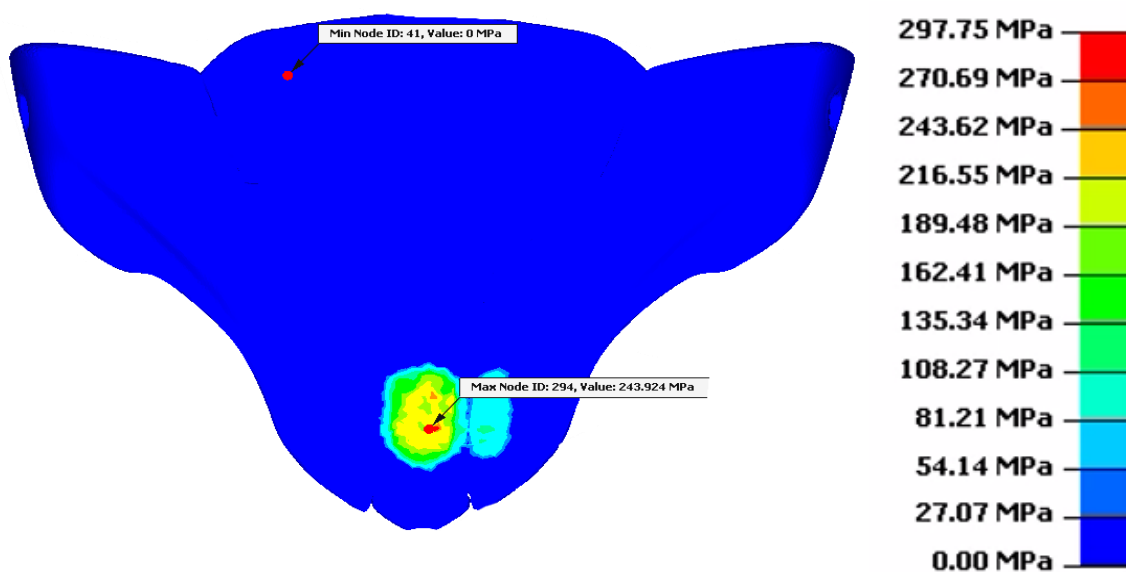
La simulación a 80km/h realizada la conversión que sería de 22222.22mm/s se realiza debido a que en sistema EURONCAP a esta velocidad es el punto máximo de fractura de los elementos plásticos que conforman una motocicleta, en este caso con material PGLASS/ABS.

Se indica en el código de colores una deformación a máxima de 297.75MPa representada con color rojo.

En la siguiente figura se indica el impacto frontal y donde presenta mayor deformación de fractura.

Figure 94

Impacto PGLASS/ABS a 80km/h

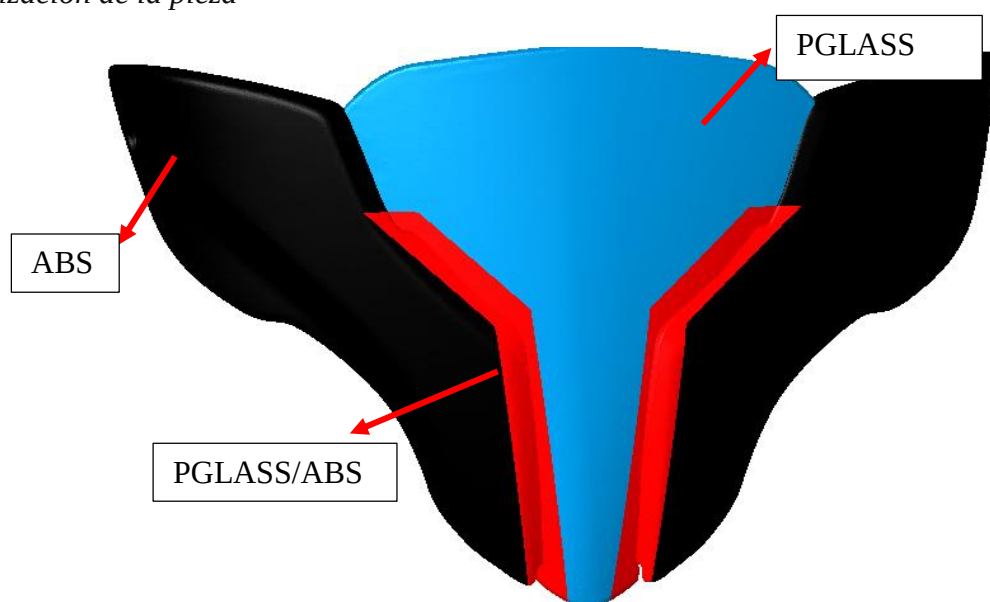


Parametrización de la pieza

En la siguiente figura 95 se indicará cada parte con el material específico con el que se va a trabajar: Color negro=ABS, Celeste=PC y rojo indicara la mezcla del filamento PGLASS/ABS, esta segmentación se realizó en el software Inventor.

Figure 95

Parametrización de la pieza



Selección del tipo de relleno para impresión 3D

Los resultados obtenidos evidencian que el tipo de relleno influye de manera significativa en el comportamiento mecánico del material impreso. Se observaron variaciones en el módulo elástico, la resistencia y la deformación según la geometría interna empleada.

Entre los rellenos analizados, el relleno cúbico bitruncado presentó el mejor equilibrio entre rigidez estructural y capacidad de absorción de cargas, motivo por el cual fue seleccionado para la fabricación de la visera superior del faro.

Resultados de los ensayos de tracción según el tipo de relleno

La tabla presenta los valores obtenidos en los ensayos de tracción del material ABS reforzado con fibra de vidrio, fabricado mediante impresión 3D con distintos tipos de relleno. Se comparan el módulo de elasticidad, la resistencia máxima a la tracción y la elongación a la rotura, permitiendo analizar cómo la geometría del relleno influye directamente en el comportamiento mecánico del componente impreso.

En la siguiente tabla 19 se indica los resultados y muestran que el tipo de relleno influye directamente en el tiempo de impresión y en el consumo de filamento. Bajo un porcentaje de relleno constante del 50 %, el relleno cúbico bitruncado presentó un equilibrio adecuado entre eficiencia de fabricación y uso de material aparte de sus propiedades mecánicas, razón por la cual fue seleccionado para el desarrollo del componente.

Tabla 19

Resultados mecánicos de los diferentes tipos de relleno

ABS reforzado con FV	Módulo (MPa)	Resistencia a la tracción	Elongación a la rotura
Cúbico bitruncado	2040+-25	37.9+-1.1	2.9+-0.3

Octeto	1990+-25	37.7+-0.9	3.0+-0.4
Subcubica	1880+-8	36.0+-0.8	3.0+-0.2
Cúbica	2050+-36	41.0+-0.9	2.9+-0.4
Giroide	2190+-97	34.9+-2.8	1.6+-0.2

Nota. Comportamiento mecánico ABS reforzado con FV en función del tipo de relleno (Peralta & Valle, 2024).

Tabla 20

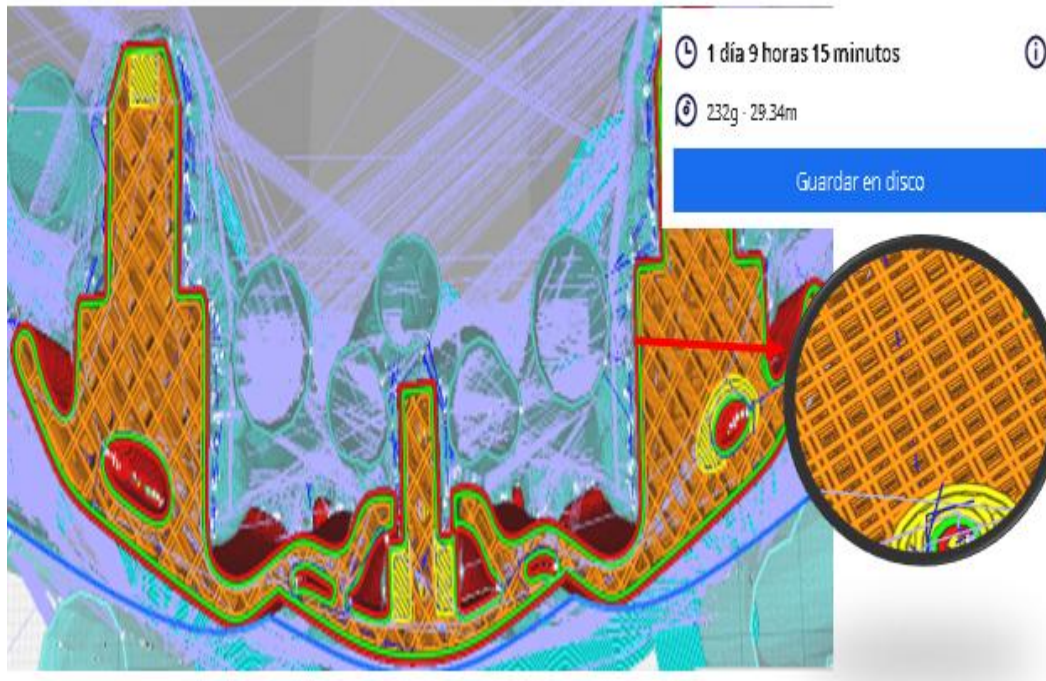
Comparación del tiempo de fabricación y uso de filamento en distintos tipos de relleno

Tipo de relleno	Tiempo	Filamento usado en (gr)	Filamento usado en (m)	% de relleno
Cubico	1d 9h 35mts	233	29.51	50
Subdivisión Cubica	1d 9h 44mnts	216	27.3	50
Cubico bitruncado	1d 9h 15mnts	232	29.34	50
Octeto	1d 9h 44mnts	234	29.63	50
Giroide	1d 10h 10mnts	232	29.32	50

Nota. Tiempos de impresión y consumo de material simulado en Ultimaker Cura.

Relleno cubico bitruncado

Se seleccionó este tipo de relleno por su buena estructura de relleno lo cual permite obtener piezas mejor estructuradas que puedan soportar más presión, el cual es el caso de este tipo de mallado debido a que tiene una buena resistencia a la tracción con un valor de 37.9+-1.1MPa y elongación de rotura de 2.9+-0.3

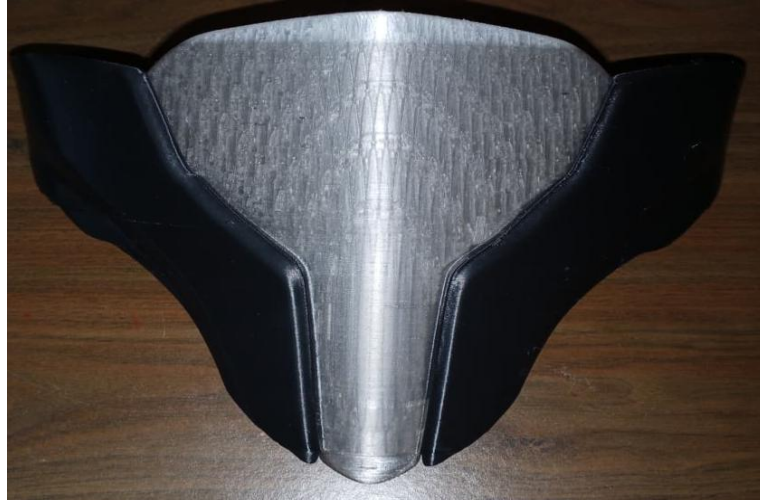
Figure 96*Relleno cubico bitruncado seleccionado*

Nota. La figura 96 representa el relleno seleccionado por sus propiedades mecánicas resistentes a la tracción y elongación.

Impresión de la pieza con el material PGLASS/ ABS

La pieza fue fabricada mediante impresión 3D utilizando el material compuesto P-GLASS/ABS, logrando reproducir de manera adecuada la geometría definida en la etapa de diseño. En términos generales, la impresión permitió obtener un componente funcional y dimensionalmente estable, cumpliendo con las características previstas para su evaluación física.

No obstante, durante el proceso de fabricación se evidenciaron ligeros inconvenientes en la adherencia entre los materiales, principalmente en las zonas de unión, lo cual es característico en impresiones que combinan polímeros con diferentes propiedades térmicas. A pesar de ello, la pieza mantuvo su integridad estructural, permitiendo su manipulación y análisis posterior como parte del desarrollo experimental del estudio.

Figure 97*Pieza impresa*

Nota. En la figura 97 se observa la pieza ya impresa la cual está realizada con un 50% de solido que se configuro en el laminador Ultimaker Cura.

Comparativa de medidas

Se realizó una comparativa dimensional entre la pieza original y la pieza fabricada mediante impresión 3D, con el objetivo de evaluar la precisión geométrica obtenida durante el proceso de manufactura. Para este análisis se consideraron las dimensiones reales de la pieza impresa, las cuales fueron medidas directamente utilizando un calibrador Vernier, registrando los valores en milímetros (mm).

La comparación de medidas permitió identificar posibles variaciones dimensionales entre ambos componentes, las cuales pueden estar asociadas a factores propios del proceso de impresión 3D, como la contracción del material, la adherencia entre capas o las condiciones de fabricación. Este procedimiento resulta relevante para verificar el grado de fidelidad del modelo impreso respecto al diseño original y para analizar si las diferencias dimensionales se mantienen dentro de rangos aceptables para su correcta funcionalidad.

Figure 98*Mediciones de las piezas*

(a)



(b)



Nota. La figura 98 demuestra las medidas de las piezas la figura 98 (a) indica la parte original que es de 13mm de “d” literal (b) representa la pieza impresa que tiene una medida de 13 mm de “d” lo cual cuenta con medidas iguales.

Figure 99*Medición de longitud posterior*

(a)



(b)



Nota. La figura 99 (a) indica una $L=18\text{mm}$ que representa la pieza original, literal (b) demuestra la pieza impresa con una $L=18\text{mm}$ que representa una semejanza de mediciones tanto con la pieza original como la impresa con material alterno.

Medición de transmitancia

La transmitancia luminosa de la visera fue determinada mediante mediciones experimentales con un luxómetro digital, cuantificando el flujo luminoso incidente y transmitido a través del material impreso. Los valores obtenidos evidencian que la visera fabricada mediante manufactura aditiva presenta un comportamiento óptico compatible con su aplicación en el sistema de iluminación, sin comprometer la funcionalidad del faro.

La siguiente figura 100 indica las pruebas de transmitancia realizadas las cuales dieron datos relevantes como en el literal(a) indica un valor de 055×100 Lux que representa la pieza original, literal (b) corresponde a la pieza fabricada mediante impresión 3D con material alternativo PGLASS/ABS que se obtuvo una medición de 142×100 Lux de transmitancia.

Figure 100

Prueba de transmitancia

(a)



(b)



Nota. Pruebas en material original y alterno

A continuación, se presenta una tabla comparativa final de los valores obtenidos en las pruebas de transmitancia tanto en la pieza original como en la alterna:

Table 21

Comparativa de mediciones

Pieza	2000	20000*10	50000*100	Unidades
Original	-	1020	055	Lux
Alterna	-	1567	142	Lux

Discusión de Resultados

Conclusiones

- El rediseño de la visera superior del faro permitió consolidar dos componentes originales en una sola pieza funcional, reduciendo etapas de fabricación y ensamble, lo que mejora la continuidad estructural y simplifica el proceso productivo mediante manufactura aditiva.
- El material P-GLASS/ABS fabricado mediante impresión 3D presentó propiedades mecánicas adecuadas para su aplicación como autoparte, alcanzando un módulo elástico de 2040 ± 25 MPa, una resistencia a la tracción de $37,9 \pm 1,1$ MPa y una elongación a la rotura de $2,9 \pm 0,3$ %, valores que garantizan un comportamiento estructural estable bajo condiciones de servicio.
- En las simulaciones de impacto frontal a 50 km/h, la visera fabricada con P-GLASS/ABS alcanzó un esfuerzo máximo de 184.33 MPa, mientras que el material original PC/ABS registró 356.45 MPa, evidenciando una mayor concentración de esfuerzos en el material original bajo condiciones de impacto moderado.

- A una velocidad de impacto de 80 km/h, el material P-GLASS/ABS presentó un esfuerzo máximo de 298 MPa, en comparación con 332.59 MPa obtenidos para el PC/ABS, indicando que a altas velocidades el material alternativo muestra un mejor comportamiento frente a la absorción de energía.
- La configuración interna con relleno cúbico bitruncado y una densidad del 50 % permitió obtener una estructura interna eficiente, manteniendo la integridad mecánica de la visera y un consumo de material controlado, lo cual es favorable para aplicaciones de prototipado funcional.
- Las pruebas de transmitancia demostraron que la visera fabricada con material alternativo alcanzó un valor de 142*100lux, superior al valor medido en la pieza original 055*100 lux, confirmando que el proceso de fabricación aditiva no compromete la funcionalidad óptica del sistema de iluminación.

Recomendaciones

- Se recomienda optimizar de manera sistemática los parámetros de impresión del material P-GLASS/ABS, principalmente la temperatura de extrusión, temperatura de la cama y velocidad de deposición, con el fin de mejorar la adhesión interlaminar y reducir concentraciones de esfuerzo que puedan afectar el desempeño mecánico de la visera.
- Considerando que ya se realizaron ensayos mecánicos en probetas normalizadas, se recomienda extender el análisis mediante simulaciones por elementos finitos directamente sobre la geometría final de la visera fabricada, a fin de correlacionar los resultados experimentales con el comportamiento estructural real del componente.
- Se sugiere evaluar diferentes orientaciones de impresión y patrones de relleno estructural, manteniendo densidades controladas, para analizar su influencia en la distribución de esfuerzos,

absorción de energía ante impacto y reducción de masa del componente sin comprometer su integridad mecánica.

- Se recomienda ampliar el estudio del comportamiento del material P-GLASS/ABS bajo condiciones ambientales simuladas, como exposición a radiación UV, ciclos térmicos y humedad, con el propósito de verificar su estabilidad dimensional y su desempeño a largo plazo como autoparte.
- A partir de los resultados de impacto obtenidos a 50 km/h y 80 km/h, se sugiere analizar escenarios adicionales de carga dinámica y variaciones en el tiempo de contacto, con el fin de mejorar la representación de condiciones reales de servicio en motocicletas.
- Se recomienda profundizar el análisis óptico de la visera mediante pruebas de transmitancia con distintas fuentes de luz y espesores del material, para asegurar que el componente fabricado mantenga niveles adecuados de iluminación y visibilidad conforme a los requerimientos funcionales del sistema de faros.

Bibliografía

- Poly Fluoro Ltd. (20 de Diciembre de 2024). *Comprensión de la poliamida: un polímero de ingeniería versátil*. Obtenido de Un polímero de ingeniería versátil:
<https://polyfluoroltd.com/blog/understanding-polyamide-a-versatile-engineering-polymer/>
- 3D, S. (s.f). Obtenido de Geomagic Design X: <https://www.shining3d.com/design/geomagic-design-x#:~:text=Want%20to%20Know%20More%20about,case%20to%20our%20support%20team.>
- aBIM, P. (30 de Noviembre de 2023). *Nubes de Puntos: Todo lo que necesitas saber*. Obtenido de ¿Qué son las Nubes de Puntos?: <https://alianzabim.com/blog/nube-de-puntos-todo-lo-que-necesitas-saber/>
- Adeva, R. (20 de Febrero de 2025). *En qué consiste la impresión 3D y cómo funciona*. Obtenido de Qué es la impresión 3D: <https://www.adslzone.net/reportajes/tecnologia/impresion-3d/>
- Agency, B. (2 de Octubre de 2024). *ERYCOP*. Obtenido de ¿Qué es el Polipropileno? Conoce todo sobre el plástico PP: <https://erycop.com/que-es-el-polipropileno/>
- AGSA TECH DE MEXICO. (10 de Julio de 2025). *Descubre Cómo el Escáner 3D Está Transformando la Manufactura*. Obtenido de ¿Cómo funciona un escáner 3D?: <https://agsatech.com/blog/descubre-el-escaner-3d-transforma-manufactura/>
- Alejandro Gutiérrez Cedilloa, J. M. (2024). Diseño e Impresión de Prototipos y Productos 3D para el Desarrollo Tecnológico en Manufactura Aditiva. *RICT Revista de Investigación Científica, Tecnológica e Innovación*, 7.

Altair Engineering Inc. (s.f de s.f de 2022). *Engineering (HyperMesh)*. Obtenido de HyperMesh User Guide: <https://www.altair.de/hypermesh/>

Amaya, E. M., Molina, F. E., & Sánchez, M. E. (2018). *Producción de polipropileno*. Argentina : Mendoza, Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria . Obtenido de Producción de polipropileno:.

Ansys . (28 de Abril de 2021). *Ansys part of synopsis* . Obtenido de Fundamentos del mallado FEA para el análisis estructural: <https://www.ansys.com/blog/fundamentals-of-fea-meshing-for-structural-analysis>

Arias, K. T. (18 de Mayo de 2022). *Polycarbonato*. Obtenido de Propiedades: <https://repository.eia.edu.co/server/api/core/bitstreams/73771950-1156-4013-b6f9-18e057ea4dfa/content>

Aroca, A. C. (2021). Impresión 3D por modelado por deposición fundida: Manejo, funcionamiento. *Nereis. Revista Iberoamericana*, 12.

AUTODESK. (s.f). *Autodesk* . Obtenido de Software de nube de puntos: potenciando industrias, inspirando el futuro: <https://www.autodesk.com/solutions/point-clouds>

Awat, R. (22 de Enero de 2024). *techtargat* . Obtenido de ¿Qué es una malla 3D?: <https://www.techtargat.com/whatis/definition/3D-mesh>

BACCA, A. D. (28 de Julio de 2019). *CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS*. Obtenido de PROPIEDADES DEL PC: <https://red.uao.edu.co/server/api/core/bitstreams/148aed31-da73-4794-b7d8-a3193489b458/content>

Barron, P. M. (13 de Septiembre de 2025). Obtenido de Análisis Mecánico Dinámico: <https://batch.libretexts.org/print/url=https://espanol.libretexts.org/Bookshelves/Quimica/>

Qu%C3%ADmica_Anal%C3%ADtica/M%C3%A9todos_F%C3%ADsicos_en_Qu%C3%ADmica_y_Nano_Ciencia_%28Barron%29/02%3A_An%C3%A1lisis_f%C3%ADsico_y_t%C3%A9rmico/2.10%3A_An%C3%A1lisis

BASANTES, S. A. (12 de Febrero de 2020). *dspace.esPOCH*. Obtenido de PLAN PARA LA IMPORTACIÓN DE REPUESTOS : <https://dspace.esPOCH.edu.ec/items/242a4f05-0c6e-4ea6-98b7-cef3ccc9691d>

Bennett, L. (10 de Marzo de 2025). Obtenido de Tipos de plásticos utilizados en la industria automotriz: <https://www.rapiddirect.com/es/blog/types-of-automotive-plastics/>

Blas Molero (IBERISA). (5 de Junio de 2021). *Femap y Simcenter Nastran*. Obtenido de Consejos de Mallado y Análisis por Elementos Finitos con Simcenter FEMAP y Simcenter Nastran: <https://iberisa.wordpress.com/2021/01/05/ejemplos-de-mallado-con-femap/>

Blender 3D. (s.f). *Sintesis Blender 3D*. Obtenido de Técnicas de Modelado: <https://www.esi.uclm.es/www/cglez/fundamentos3D/02.02.Tecnicas.html>

C, L. (8 de Agosto de 2020). *3D natives* . Obtenido de Escáner láser 3D o escáner de luz estructurada: <https://www.3dnatives.com/es/escaner-laser-3d-escaner-luz-estructurada-mejor-080820192/#!>

Cloud, C. (s.f). Obtenido de Creality Scan: <https://www.crealitycloud.com/es/downloads/software/creality-scan/Windows>

CreaForm. (27 de Abril de 2021). *Creaform Ametek*. Obtenido de ¿Cuándo se utiliza la ingeniería inversa?: <https://www.creaform3d.com/es/resources/blog/what-is-reverse-engineering>

DANTZEL, B. (15 de Junio de 2023). *SCAN 3D*. Obtenido de Ventajas de Geomagic Design X:

<https://scan3dmarket.com/software-geomagic-design-x/>

Dormehl, L. (16 de Marzo de 2021). *La breve pero creciente historia de la impresión 3D*.

Obtenido de Capa por capa: La breve historia de la impresión 3D:

<https://www.digitaltrends.com/cool-tech/history-of-3d-printing-milestones/>

EBAC. (7 de Agosto de 2023). *¿Qué es el modelado 3D y cómo funciona?* Obtenido de ¿Qué es

el modelado 3D?: <https://ebac.mx/blog/que-es-el-modelado-3d>

electrome, s.l. (S.F de S.F de 2019). *POLIAMIDA 6.6 (PA.66)*. Obtenido de

CARACTERISTICAS TECNICAS: <https://www.electrocome.com/p-1-77/POLIAMIDA-66-PA66.htm>

Ensinger . (s.f). *TECAMID 6 natural - División de semielaborados*. Obtenido de TECCAMID :

<https://www.ensingerplastics.com/es-br/semielaborados/plastico/pa6-tecamid-6-natural>

Escudero, E. (18 de Diciembre de 2020). *AP*. Obtenido de El policarbonato: material versátil

para la industria automotriz mexicana: <https://ambienteplastico.com/el-policarbonato-material-versatil-para-la-industria-automotriz-mexicana/>

ESSS. (20 de Febrero de 2019). *ESS*. Obtenido de Manufactura Aditiva con Simulación

Computacional de Ingeniería: <https://www.esss.com/es/blog/manufactura-aditiva-con-simulacion-computacional-de-ingenieria/>

Félix Ramos. (16 de s.f de 2020). *Algunas consideraciones sobre el método de los elementos*

finitos en la . Obtenido de

https://www.academia.edu/21848798/Algunas_consideraciones_sobre_el_m%C3%A9todo_de_los_elementos_finitos_en_la_ingenier%C3%ADa_mec%C3%A1nica

- Flores, F. A. (20 de Enero de 2020). *La impresión 3D y sus múltiples aplicaciones*. Obtenido de ACADEMIA DE CIENCIAS DE MORELOS A.C: <https://acmor.org/publicaciones/la-impresi-n-3d-y-sus-m-ltiples-aplicaciones>
- García, I. (30 de Agosto de 2021). *Extrusión directa vs. tipo bowden*. Obtenido de Extrusión Directa vs. Tipo Bowden: ¿Cuál es la Diferencia?: https://recreus.com/blogs/learn-with-recreus-1/direct-extrusion-vs-bowden-type?srsId=AfmBOopZk_Qk8PBfndM4-_w_FuO02xDGYAgoY8j2JHic9WTJpP2gVVaA
- García-León, R. A. (28 de Octubre de 2020). *Dialnet*. Obtenido de Diseño de una máquina de termoconformados para la fabricacion de filamento ABS/ PLA: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dialnet-DisenoDeUnaMaquinaDeTermoconformadosParaLaFabricac-7868817.pdf>
- Gavin, L. (16 de Octubre de 2024). *Tipos de plásticos*. Obtenido de <https://www.madearia.com/es/blog/types-of-plasitc-for-automotive-parts-manufacturing/>
- Gjelstrup, S. L. (26 de Septiembre de 2025). *DEWESoft*. Obtenido de ¿Qué es el análisis modal? : <https://dewesoft.com/blog/what-is-modal-analysis>
- Gloria. (1 de Abril de 2025). *LS Manufacturing*. Obtenido de ¿Se puede imprimir el policarbonato en 3D?: <https://www.lsrpf.com/es/blog/can-polycarbonate-be-3d-printed>
- Golubeva, S. (5 de Marzo de 2024). *Artec 3D*. Obtenido de Geomagic Free form: <https://www.artec3d.com/es/learning-center/best-3d-modeling-software>
- González, F. S. (2024). SISTEMA ESTANDARIZADO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS DE ESCANEEO, DIGITALIZACIÓN E INGENIERÍA INVERSA. *Ciencia Latina Internacional* , 12.

González, G. (s.f). Obtenido de Mallado y simulación CFD de automóvil.:

<https://upcommons.upc.edu/server/api/core/bitstreams/a13409a0-f328-4378-92c2-d67eddee7d96/content>

González, P. (24 de Agosto de 2023). *El periodismo comprometido*. Obtenido de Nuevo boom de importaciones de carros y repuestos en Ecuador:

<https://www.primicias.ec/noticias/economia/carros-repuestos-importaciones-ecuador/>

Hulatt, L. (8 de Agosto de 2024). *Study Smarter*. Obtenido de Malla No Estructurada:

<https://www.studysmarter.es/resumenes/ingenieria/aviacion/malla-no-estructurada/>

Humpiri, J. E. (26 de Octubre de 2023). *Análisis comparativo del policarbonato* . Obtenido de Policarbonato:

file:///C:/Users/Usuario/Downloads/IV_FIN_105_TE_Calsin_Torres_2023.pdf

ICEMM. (s.f). *ANALISIS DE ESTRUCTURAS Y SIMULACIÓN POR ELEMENTOS FINITOS* .

Obtenido de <https://www.icemm.com/analisis-de-estructuras-y-simulacion-por-elementos-finitos/>

Impresión 3D en el sector del automóvil. (17 de Agosto de 2022). Obtenido de Dassault

Systemes: <https://www.3ds.com/es/make/solutions/industries/automotive-3d-printing>

Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC]. (Septiembre de 11 de 2025). *INEC*. Obtenido de Estadísticas de Transporte (ESTRA) 2024:

<https://www.ecuadorencifras.gob.ec/institucional/inec-entrega-informacion-estrategica-para-la-movilidad-el-comercio-y-la-seguridad-vial-del-país/>

Juanabrild. (28 de Noviembre de 2024). *¿Qué es y para qué sirve el policarbonato?* Obtenido de

Policarbonato: <https://fullcons.com.ec/blog/que-es-y-para-que-sirve-el->

polycarbonato/?srsltid=AfmBOoq05qWQQge1ikvGkZeap4O_ErY_-_eqybKy7l-Eu_FY6LCfexkX

KLUMEX. (14 de Diciembre de 2024). *Poliamida, características principales y usos*. Obtenido de ¿Qué es la poliamida? (HDPE)? : <https://klumex.com/blog/poliamida/>

Koneva, V. (11 de Febrero de 2025). *ARTEC 3D*. Obtenido de ¿Qué es el escaneo láser 3D?: <https://www.artec3d.com/es/learning-center/laser-3d-scanning>

Leo, G. (1 de Agosto de 2024). *Aria*. Obtenido de ABS versus polipropileno: su diferencia clave: <https://www.madearia.com/es/blog/abs-vs-polypropylene-their-key-difference/>

M, A. (3 de Agosto de 2023). *3Dnatives*. Obtenido de La impresión 3D de composites: <https://www.3dnatives.com/es/guia-completa-impresion-3d-composites-280120202/#!>

M., A. (12 de Noviembre de 2024). *3D natives* . Obtenido de Fibras continuas VS cortas: ¿qué tipo de refuerzo elegir para las piezas impresas en 3D?: <https://www.3dnatives.com/es/fibras-continuas-vs-cortas-refuerzo-impresion-3d-121120242/#!>

Manzaba, B. (22 de Agosto de 2025). *Teleamazonas*. Obtenido de ¿Sancionatorios o preventivos?; la AMT retoma operativos de control de velocidad en Quito: https://www.teleamazonas.com/actualidad/noticias/quito/control-velocidad-sancionatorios-preventivos-amt-operativos-101031/?utm_source=chatgpt.com

Mármol, . F. (20 de Septiembre de s.f). *Caracterización De Materiales Termoplásticos*:. Obtenido de Propiedades del Polipropileno: https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/60332/fichero/POLIPROPILENO_FINAL2.pdf

Martín, M. A. (22 de Septiembre de 2025). *Docta.ucm*. Obtenido de Generador de mallas 3D a partir de dibujos de los perfiles de un objeto:

<https://docta.ucm.es/rest/api/core/bitstreams/3d3e7a17-a69f-42ef-a973-d9258908fc44/content>

Menéndez, L. G. (29 de Junio de 2021). *Escáneres ópticos 3D de mano en ingeniería inversa*.

Obtenido de Posicionamiento del escáner:

<https://revistas.uca.es/index.php/proyecta56/7368>

Molina-Osejos, J. V. (2019). Mechanical capabilities of semi-rigid thermoplastics ABS and PLA from 3D printing. *International Journal of Materials and Product Technology*, 17.

Muñoz, K. (24 de Mayo de 2023). *KREAR 3D INDUSTRIA*. Obtenido de ¿ Qué es una impresora 3D ? : <https://www.krear3d.com/blog/noticias/que-es-una-impresora-3d/>

Narváez, J. S. (13 de Enero de 2023). *repositorio.utp*. Obtenido de ESTADO DEL ARTE DE LA METODOLOGÍA Y/O FACTIBILIDAD DEL PETG:

<https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/9d1486cc-14a4-42aa-9bdb-960851038d70/content>

OSEJOS, J. V. (s.f de Enero de 2016). *Tesis Caracterizacion de PLA y ABS*. Obtenido de CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES TERMOPLASTICOS DE ABS Y PLA SEMI-RÍGIDOS IMPRESOS EN 3D CON CINCO MALLADOS INTERNOS DIFERENTES : <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/CD-6693.pdf>

osmanassem. (28 de Febrero de 2020). *OSMAN ASSEM*. Obtenido de Modelado 3D: una descripción general de diversas técnicas: <https://osmanassem.com/3d-modeling-an-overview-on-various-techniques/>

Palao, A. (24 de Octubre de 2025). *EURONCAP*. Obtenido de Car-to-Motorcyclist Rear:

<https://www.euroncap.com/media/91710/euro-ncap-protocol-crash-avoidance-frontal-collisions-v11.pdf>

Peral, I. G. (1 de Diciembre de 2022). Obtenido de ESTUDIO, DISEÑO Y ANÁLISIS MODAL

DEL EJE TRASERO DE UN TURISMO PARA LA OBTENCIÓN DE UN MODELO

VIBRATORIO VALIDADO: file:///C:/Users/Usuario/Downloads/TFG-

G%C3%B3mez%20Peral,%20Isaac.pdf

Peralta, D., & Valle, I. (2024). *Evaluación experimental y CAD-CAE de materiales reforzados*

técnicos de altas prestaciones fabricados mediante impresión 3D para fabricación de

piezas de automoción. Quito,Ecuador: DII-P021819.

Peralta-Zurita, D.-B., Ferrándiz-Bou, S., Cobos, C.-M., & Guachamin, C. (2024). Lecture Notes

in Networks and Systems. En Peralta-Zurita, *Alternative selection material and auto part*

manufacturing process for fused deposition modeling using CAD-CAM-CAE tools (págs.

742-756). Cham: Springer Nature Switzerland.

PLASTICOS LEZO . (28 de Enero de 2025). *¿Qué es Glass-filled plastics (Plásticos reforzados*

con vidrio)? Obtenido de glass-filled plastics:

<https://plasticoslezo.com/diccionario/plasticos-reforzados-con-vidrio/>

Prodemaq. (s.f de s.f de s.f). *Prodemaq*. Obtenido de CR- SCAN Raptor | Creality:

<https://prodemaq.com/product/cr-scan-raptor-creality/>

Rivero, V. L. (15 de Noviembre de 2018). Evolución del uso de los materiales plásticos en la

industria automotriz. *Evolución del uso de los materiales plásticos en la industria*

automotriz, págs. 17-22.

- S, C. (21 de Abril de 2025). *3D natives* . Obtenido de Todo lo que necesitas saber sobre el modelado poligonal para la impresión 3D: <https://www.3dnatives.com/es/guia-modelado-poligonal-210420252/#!>
- S., S. (14 de Enero de 2023). *3Dnatives*. Obtenido de Impresión 3D FDM o modelado por deposición fundida,: <https://www.3dnatives.com/es/modelado-por-deposicion-fundida29072015/#!>
- Shumak, Y. (5 de Agosto de 2022). Comprensión del análisis de elementos finitos: solución de problemas de ingeniería con análisis de elementos finitos. *SDC VERIFIER*, pág. 11.
- Simon, A. (9 de Julio de 2024). *TA INSTRUMENTS* . Obtenido de ¿Qué es el análisis mecánico dinámico?: <https://www.tainstruments.com/what-is-dynamic-mechanical-analysis/?lang=es>
- SIMSCALE . (12 de Julio de 2025). Obtenido de Creación de un análisis estático: <https://www.simscale.com/docs/analysis-types/static/>
- SYSTEMES, D. (s.f). Obtenido de Malla sólida: https://help.solidworks.com/2013/spanish/SolidWorks/cworks/c_solid_mesh.htm?format=P&value=
- Tecniplant. (20 de Marzo de 2023). *Qué es la ingeniería inversa y sus ventajas*. Obtenido de Todas las ventajas de la ingeniería inversa: <https://www.tecniplant.it/es/que-es-la-ingenieria-inversa-y-sus-ventajas/>
- Vergara, A. Ñ. (2019). Obtenido de Simulación de termofluidos de PLA natural y ABS en el proceso de impresión en 3D: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14548/1/UPS-CT007148.pdf>

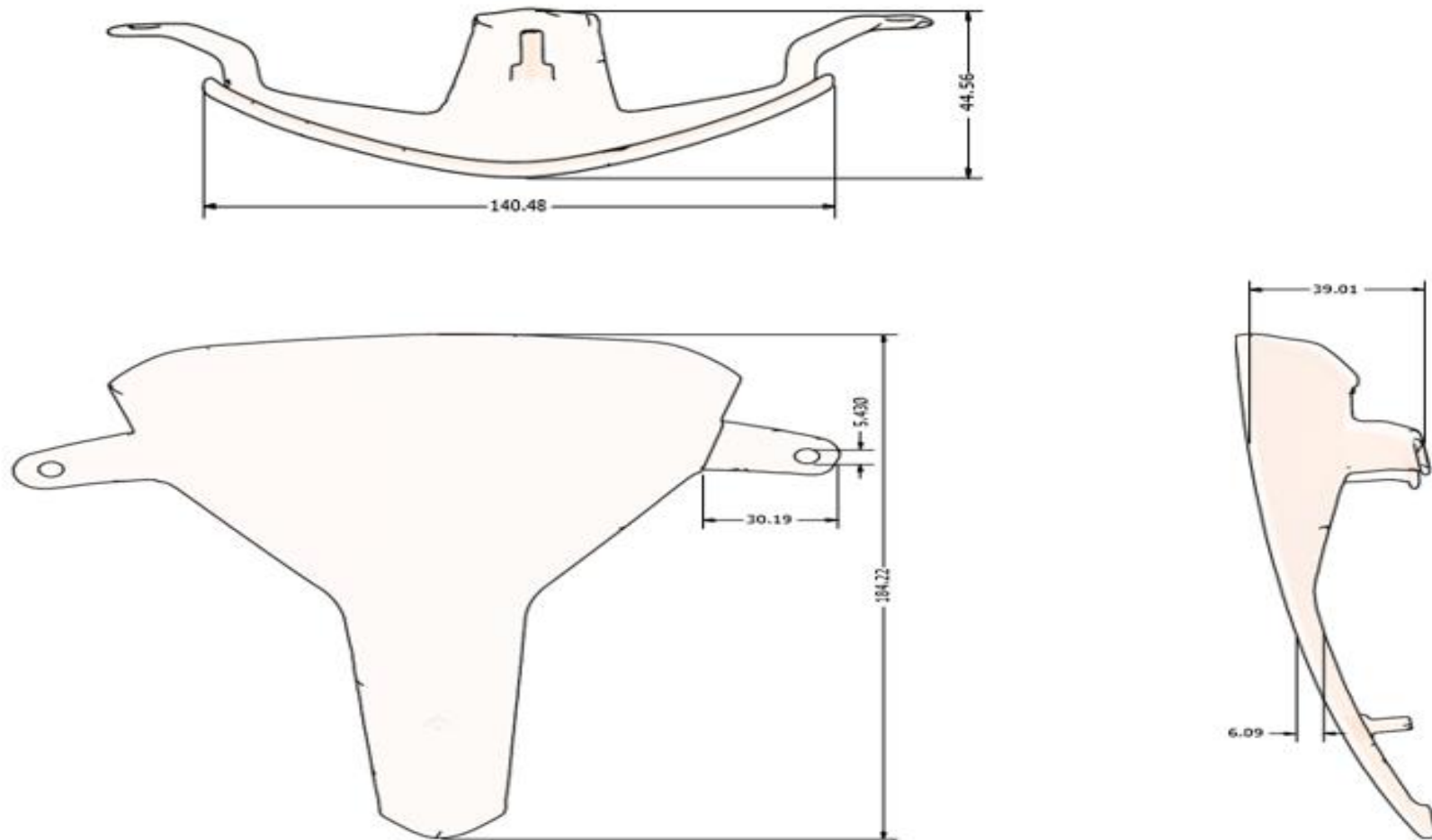
- Xiaoyong Tian a, *. A. (2022). 3D Printing of Continuous Fiber Reinforced Polymer Composites:. *EL SEVIER*, 20.
- Yan, C. (29 de Noviembre de 2023). PETG: Applications in Modern Medicine. *Engineered Regeneration*, pág. 11.
- Ye, R. (28 de Diciembre de 2021). *Impresión 3D de materiales compuestos: Una guía introductoria*. Obtenido de Materiales compuestos populares para impresión 3D: https://www-3erp-com.translate.goog/blog/3d-printing-composite-materials-an-introductory-guide/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc
- Zhao, Y. W. (2025). Effect of Fiber Content on the Preparation and Mechanical Properties of 3D Printed Short Carbon Fiber Reinforced. *MDPI*, 17.
- Alvarez, M. (2000). Salicylic acid in the machinery of hypersensitive cell death and disease resistance. *Plant Molecular Biology* 44: 429–442.
- Lamb, C., & Dixon, R. (1997). The oxidative burst in plant disease resistance. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 48: 251–275.
- Muñoz, C., & Zapata, F. (2013). Plan de manejo de los Arrecifes Coralinos del Parque Nacional Natural Gorgona - Pacífico colombiano. Santiago de Cali, Colombia: WWF Colombia, Parques Nacionales Naturales de Colombia.

Swanson, J., Kearney, B., & Dahlbeck, D. (1988). Cloned avirulence gene of *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* complements spontaneous race change mutant. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 1: 5–9.

Vanacker, H., & Greenberg, J.T. (2001). A role for salicylic acid and *npr1* in regulating cell growth in *Arabidopsis*. *Plant Journal* 28: 209–216.

Anexos**Anexo 1**

Cotas de la visera



Anexo 2

Cotas carcasa en mm

